Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON

ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON

ERNST LAMLA

BEIRAT:

J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · C. W. CORRENS · H. J. DEUTICKE
H. v. FICKER · R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · K. HENKE
A. KUHN · M. v. LAUE · H. MARTIUS · R. W. POHL

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

42. JAHRGANG **HEFT 20 (ZWEITES OKTOBERHEFT)** **1955**

INHALT:

Seite

AUFSÄTZE.

Komplementarität und Logik. Von C. F. v. WEIZSÄCKER (Schluß) 545

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN.

Eine kurze Herleitung des Strömgrenradius. Von TH. SCHMIDT . 555

Schallfeldbilder auf Pigmentpapieren. Von A. ECKARDT und D. FINTELMANN 555

Dehnung von Zink-Kristallen unter Ultraschalleinwirkung. Von F. BLAHA und B. LANGENECKER 556

An Electrochemical Study of Faults or „Lockerstellen" in Condensation Polymers. Von R. P. MITRA und S.S. DUBE . 556

Über die irreversible Adsorption von Farbstoffen an Ionenaustauschern. Von N. GRUBHOFER 557

Zur Kenntnis des Dehydrosparteins „Winterfeld". Von M. RINK und H. J. GROEBEL 557

Zum Chemismus der polarographischen Reduktion des Ninhydrins. Von L. HOLLECK, S. E. KHALAFALLA und A. M. SHAMS EL DIN 558

Papierchromatographische Auftrennung eines Schlangengiftes (Vipera ammodytes mont.). Von H. W. RAUDONAT (unter Mitarbeit von cand. med. dent. A. OETTERT) 558

Papierchromatographische Abtrennung eines Proteasen-Hemmstoffes aus Schlangengiften. Von H. W. RAUDONAT . . . 559

Induktionsstoffe aus Embryonalextrakt bei der Pepsinhydrolyse. Von H. TIEDEMANN und H. TIEDEMANN 560

Über die Abhängigkeit des photodynamischen Effektes auf einige Mitochondrienfermente von der Intensität der Strahlung. Von E. J. SCHNEIDER, G. SYDOW, A. GRAFFI und H. KRIEGEL 560

The Hydrogen Ion Concentration and Digestion of Carbohydrates in Dysdercus koenigii Fab. (Heteroptera: Pyrrhocoridae). Von K. N. SAXENA 561

Is ATP the Sensory Transmitter Substance? Von E. FLOREY and H. MCLENNAN 561

Korrelation zwischen Umgebungstemperatur und Toxizität des Reduktionsindikators Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). Von E. BAJUSZ und L. KÖVÁRY 561

Nachweis und serologische Identifizierung einer „löslichen" V-Antigenkomponente in Influenza-A_1-Allantoisflüssigkeit. Von G. BRAND 562

Über die Abhängigkeit der Leukämiehäufigkeit vom Alter der Tiere zur Zeit der Injektion zellfreier Tumorfiltrate. Von H. BIELKA, F. FEY, W. KRISCHKE und A. GRAFFI 563

Über mögliche Eigenschaftsänderungen eines onkogenen Agens nach zellfreier Passage. Von H. BIELKA, F. FEY und A. GRAFFI 563

Zur Kenntnis des Wirtspflanzenkreises des Tabakmauche-Virus. Von K. SCHMELZER 564

Die Kultur von Pflanzengewebe in flüssigem Medium mit Dauerbelüftung. Von G. MELCHERS und U. ENGELMANN 564

Zur Wirkung der Temperatur auf die Größe von Pilzsporen. Von G. SÖRGEL 565

Über die beiden gelbäugigen Mutanten sev und secn der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster*. Von R. DANNEEL 566

Über die Funktion der Pilzkörper (Corpora pedunculata) beim Gesang der Keulenheuschrecke Gomphocerus rufus L. (Acrididae). Von F. HUBER 566

Experimentelle Auslösung von Tänzen bei der Honigbiene. Von W. WITTEKINDT 567

Über ein zentrales Hemmungsphänomen. Von A. STRUPPLER und R. LINDENMÜLLER 568

Einführung in die operative Logik und Mathematik

Von **Paul Lorenzen**, apl. Professor der Mathematik an der Universität Bonn. (Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften LXXVIII. Band.) Mit einer Textabbildung. VII, 298 Seiten Gr.-8°. 1955.
DM 38.40; Ganzleinen DM 42.—

Inhaltsübersicht: Erklärung der wichtigsten Bezeichnungen. — Einleitung. — **Logik.** Protologik: Schematisches Operieren. Ableitbarkeit und Zulässigkeit. Eliminationsverfahren. Induktion und Inversion. Unableitbarkeit und Gleichheit. Logische Partikeln: Konsequenzlogik. Konjunktion und Disjunktion. Negation. Erweiterungen der Logik: Gleichheit und Kennzeichnungen. Abstraktion, Relationen und Funktionen. Modalität und Wahrscheinlichkeit. — **Konkrete Mathematik.** Arithmetik: Systeme und endliche Mengen. Grundzahlen, Länge und Kardinalzahl. Rationale und algebraische Zahlen. Sprachkonstruktionen: Die elementare Sprache. Sprachschichten. Analysis: Reelle Zahlen. Mengen und Abbildungen. Erweiterungen der Analysis. — **Abstrakte Mathematik.** Allgemeine Strukturtheorie: Gebilde und Strukturen. Elementare und nichtelementare Strukturen. Spezielle Strukturen: Algebra. Topologie. — **Literaturverzeichnis. — Bezeichnungen. — Sachverzeichnis.**

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Begründet 1913 von *A. Berliner* und *C. Thesing*. 1934/35 herausgegeben von *H. Matthée*, 1936—1944 herausgegeben von *F. Süffert*, 1945—1949 herausgegeben von *A. Euchen*.

Beilage: „Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte".

Bildet die Fortsetzung der „Naturwissenschaftlichen Rundschau", begründet 1886 und bis 1912 (Jahrgang 27) herausgegeben von *J. Bernstein, V. Meyer, B. Schwalbe, W. Sklarek* u. a. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

Organ der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Organ der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (bis 1948 Organ der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft).

Die **„Naturwissenschaften"** erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung, in den Westzonen auch jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 15.— DM, für das einzelne Heft 3.— DM, zuzüglich Postgebühren. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20 %. Für Studierende der Naturwissenschaften ermäßigt sich der Bezugspreis auf vierteljährlich 11.25 DM zuzüglich Zustellgebühren. Lieferung läuft weiter, wenn nicht vier Wochen vor Quartalschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar.

Nachdruck: Es wird ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung durch den Verlag das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder an den Verlag übergeht. Grundsätzlich dürfen nur Arbeiten eingereicht werden, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind und die auch nachträglich nicht anderweitig zu veröffentlichen der Autor sich verpflichtet.

Es ist ferner ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophote u. ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin W 35, Reichpietschufer 20 [Britischer Sektor], Tel. 249251) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Springer-Verlag

Berlin · Göttingen · Heidelberg

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zeitschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,

(20b) Göttingen, Jennerstr. 21, Tel.: 59717.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

Einführung in die höhere Mathematik

Vorlesungen an der Universität Berlin (1920—1934) von **Georg Feigl †**, bearbeitet und herausgegeben von **Hans Rohrbach**, o. Professor der Mathematik an der Universität Mainz. Mit 19 Abbildungen.

VIII, 375 Seiten. Gr.-8°. 1953. Ganzleinen DM 26.80

Inhaltsübersicht: **I. Komplexe Zahlen:** Vorbemerkungen über reelle Zahlen. Das Rechnen mit komplexen Zahlen. Das Rechnen mit endlichen Summen und Produkten. — **II. Zahlenreihen und Vektoren:** Das Rechnen mit Zahlenreihen. Deutung reeller Zahlenreihen als Vektoren für $n = 1, 2, 3$. Deutung von Zahlenreihen als Vektoren im allgemeinen Fall. — **III. Determinanten:** Determinanten 2. Ordnung. Definition der Determinante 3. Ordnung. Das Vorzeichen einer Permutation. Definition und Eigenschaften der Determinante n-ter Ordnung. Einige Sätze über Determinante. — **IV. Polynome und rationale Funktionen:** Polynome in einer Veränderlichen. Teilbarkeitseigenschaften. Anwendungen (Partialbruchzerlegung). Polynome in mehreren Veränderlichen. — **V. Systeme von linearen Gleichungen:** Allgemeine Sätze über die Lösungen eines linearen Gleichungssystems. Der Hauptfall $m = n$ eines linearen Gleichungssystems. Der Rang einer Matrix. Der allgemeine Fall eines homogenen Gleichungssystems. Der allgemeine Fall eines inhomogenen Gleichungssystems. — **VI. Der Gruppenbegriff:** Das Rechnen mit Permutationen. Definition der Gruppe. Einige Eigenschaften einer Gruppe. — **VII. Matrizen und lineare Substitutionen:** Quadratische Matrizen. Rechteckige Matrizen. Lineare Substitutionen. — **VIII. Grundbegriffe der Mengenlehre:** Verknüpfung und Abbildung von Mengen. Abzählbare und nichtabzählbare Mengen. Geordnete Mengen. — **IX. Die ganzen rationalen Zahlen:** Die Menge der natürlichen Zahlen. Das Rechnen mit natürlichen Zahlen. Die Addition der ganzen Zahlen. Die Multiplikation der ganzen Zahlen. — **X. Die rationalen Zahlen:** Das Rechnen mit rationalen Zahlen. Der Bereich der rationalen Zahlen. Folgerungen für das Buchstabenrechnen. Mehrgliedrige Ausdrücke. — **XI. Die reellen Zahlen:** Die positiven reellen Zahlen. Der Bereich aller reellen Zahlen. Stetigkeit der Menge der reellen Zahlen. — **Namen- und Sachverzeichnis.**

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

42. Jahrgang Heft 20 (Zweites Oktoberheft) 1955

Komplementarität und Logik.

(Schluß).

Von C. F. v. WEIZSÄCKER, Göttingen

5. *Logik der einfachen Alternative.*

Als einfache Alternative soll eine Situation bezeichnet werden, in der nur zwischen zwei möglichen Tatbeständen entschieden werden muß. Wir untersuchen sie als einfachstes Beispiel der Komplementaritätslogik mit einiger Ausführlichkeit. Wir wollen drei physikalische Realisierungen der einfachen Alternative betrachten:

a) den YOUNGschen Interferenzversuch am Schirm mit zwei Löchern,

b) den Elektronenspin,

c) den „Isotopenspin".

a) Dieses Beispiel hat BOHR[1]) vielfach diskutiert. Um die einfache Alternative zu verwirklichen, schematisieren wir es als Gedankenexperiment wie folgt: Von einer Quelle Q (Fig. 1) fallen Elektronen auf einen Schirm S, der nur zwei enge Löcher 1 und 2 hat, die beide nach Belieben geöffnet oder geschlossen werden können. Die meisten Elektronen bleiben im Raum links vom Schirm oder werden auf ihm absorbiert; alle diese registriert der Apparat überhaupt nicht. Die Elektronen aber, die durch die Löcher treten, schwärzen die photographische Platte P. Diese Schwärzung wird beobachtet. Die von Q ausgehende Strahlung sei so schwach, daß sich zu jeder Zeit höchstens *ein* Elektron auf dem Weg von P nach Q befindet. Die empirische Unabhängigkeit der Interferenzphänomene von der Intensität der Strahlung (soferne die Strahlung schwach genug bleibt, um Raumladungseffekte u. ä. zu vermeiden) rechtfertigt diese Vorschrift, deren physikalischer Sinn oft abkürzend so formuliert wird: „jedes Teilchen interferiert nur mit sich selbst". Alle von Q ausgehenden Teilchen sollen dieselbe, bestimmte Energie haben; wir halten die Intensität so niedrig und warten mit der Beobachtung stets so lange, daß uns die Unbestimmtheitsrelation zwischen Energie und Zeit nicht stört. Ferner wollen wir annehmen, beide Löcher seien eng, verglichen mit der Wellenlänge der Elektronen; sie wirken dann im Raum rechts von S wie Punktquellen, von denen Kugelwellen ausgehen (grundsätzlich ist natürlich dasselbe bei größerer Intensität durch den FRESNELschen Spiegelversuch zu erreichen, dem wir den YOUNGschen nur vorziehen, weil er etwas anschaulicher ist und weil er das klassische Beispiel BOHRS ist). Wir wollen aber Versuche miteinander vergleichen, in denen die Quelle Q verschiedene Positionen hat, so daß die Amplitude und Phase der Wellenfunktion an den beiden Löchern jeden gewünschten Wert annehmen kann. Bei hinreichender Energie der Teilchen und hinreichend geringer Intensität und Versuchsdauer entspricht jedem geschwärztem Silberkorn auf der Platte genau ein Elektron, das mit Sicherheit von Q nach P gelaufen ist. Die einfache Alternative, die wir untersuchen, lautet: „Ist das Teilchen durch das Loch 1 oder durch das Loch 2 gelaufen?"

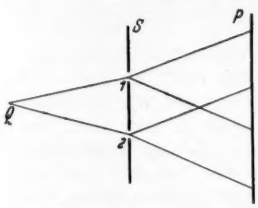


Fig. 1. Interferenzversuch von YOUNG.

b) Der Elektronenspin ist ein Freiheitsgrad, der genau zweier Werte fähig ist. So wurde er von PAULI eingeführt, noch ehe er als „Spin" erkannt war. Im Magnetfeld spaltet ein sonst drehimpulsfreier Zustand eines Elektrons in genau zwei stationäre Zustände auf. Im STERN-GERLACH-Versuch lenkt man Elektronen, deren Ladung durch Bindung in einem Atom neutralisiert ist, durch ein inhomogenes Magnetfeld ab. Es entstehen zwei Strahlen, deren einer z. B. alle „nach oben", deren anderer alle „nach unten" orientierten Spins enthält. Für das einzelne Elektron entsteht also die einfache Alternative, in welchen Teilstrahl es abgelenkt wird.

c) Der Isotopenspin ist eine symbolische Darstellung der einfachen Alternative, ob ein Nukleon ein Proton oder ein Neutron ist. Wir wollen diese Alternative nicht als Experiment diskutieren, sondern führen sie nur als Beispiel dafür an, daß die Quantentheorie alle einfachen Alternativen nach demselben mathematischen Schema behandelt. Daher tritt hier der Formalismus der Spintheorie auf, nur weil es sich um eine einfache Alternative handelt, obwohl das Problem nichts mit Drehungen im Raum zu tun hat.

Wir diskutieren nun zunächst das Beispiel a). Wir halten uns dabei vorerst an das Teilchenbild, das ja durch das punktuelle Auftreffen der schwärzenden Energie auf die Platte P empirisch fundiert ist; nur in diesem Bild handelt es sich ja um eine einfache Alternative. Die Erfahrung lehrt, daß zwar der Ort x des Auftreffens eines einzelnen Teilchens auf P nicht vorausgesagt werden kann, wohl aber eine Wahrscheinlichkeitsverteilung $w(x)$. Ist nur das Loch 1 offen, so trete die Verteilung $w_1(x)$ auf, ist nur 2 offen, so $w_2(x)$, sind beide Löcher offen, so $w_{12}(x)$. Nun kann es für die Frage, ob ein Teilchen das Loch 1 trifft und hindurchfliegt, nach der Physik des Teilchenbildes nichts ausmachen, ob das Loch 2 offen oder zu ist. Ferner bewegt sich jedes Teilchen laut Voraussetzung unabhängig von allen anderen. Endlich schließen die Ereignisse „Durchgang durch 1" und „Durchgang durch 2" einander aus. Nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung muß also

$$w_{12} = w_1 + w_2 \tag{1}$$

sein. Bekanntlich ist diese Formel quantenmechanisch falsch. Man muß vielmehr „Wahrscheinlichkeitsamplituden" $\psi(x)$ einführen, und es gilt

$$w_1 = |\psi_1|^2, \quad w_2 = |\psi_2|^2, \quad w_{12} = |\psi_{12}|^2 \tag{2}$$

[1]) Zum Beispiel BOHR, N.: Discussion with EINSTEIN, p. 201—241, in ALBERT EINSTEIN: Philosopher-Scientist, ed. P. Schlipp, The Library of Living Philosophers, vol VII, p. 216. Evanston, Ill. 1949.

und

$$\psi_{12} = \psi_1 + \psi_2. \tag{3}$$

Dies ist die „Interferenz der Wahrscheinlichkeiten".

Wo liegt der Fehler der klassischen Überlegung? Jedes Elektron, das P erreicht, ist, so sagt man, entweder durch 1 oder 2 geflogen. Dies ist eine einfache Alternative; tertium non datur. Die Menge aller Flüge (eine endliche Menge!) läßt sich also sicher eindeutig in zwei Teilmengen zerlegen: die der Flüge durch das Loch 1 und die der Flüge durch das Loch 2. Zwar wissen wir im Einzelfall nicht, welcher der Teilmengen ein bestimmter Flug zugehört. Aber nach der Logik ist der Satz „Dieses Teilchen ist durch 1 geflogen" entweder wahr oder falsch, auch wenn gerade niemand weiß, welche von beiden Möglichkeiten zutrifft. Und nach der vorausgesetzten Physik ist dieser Satz wahr, wenn der Satz „das Teilchen ist durch 2 geflogen" falsch ist und umgekehrt. Aus dieser Voraussetzung und den üblichen Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung folgt dann die falsche Formel (1). Es fragt sich nun: Ist die logische Voraussetzung des tertium non datur falsch oder die Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung oder die Physik des Teilchenbildes?

Jeder Physiker wird zunächst die scheinbar konservativste Vermutung prüfen, daß nämlich das Teilchenbild falsch sei. YOUNG schloß ja eben aus diesem Experiment auf die Wellentheorie des Lichtes. Seit wir wissen, daß die ψ-Wellen Wahrscheinlichkeitsamplituden für das Auftreffen von Teilchen sind, kommen wir aber dann in die Lage, beiden Bildern einen gewissen Wahrheitsgehalt zuschreiben zu müssen. Das aber scheint wieder physikalisch unbegreiflich, solange wir nicht den Begriff der Komplementarität einführen, und damit werden wir auf den Weg des Weiterfragens gedrängt, auf dem wir uns in dieser Arbeit befinden. Wir versuchen nicht, die Unmöglichkeit einer bisher noch unbekannten Abänderung der Physik oder auch der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu beweisen. Vielmehr stellen wir die Hypothese auf: *Nur die Logik bedarf einer Abänderung.* Wenn diese richtig vollzogen wird, so enthält sie die Abänderung der Wahrscheinlichkeitsrechnung und ergibt die Abänderung der Physik mit Notwendigkeit. Wir wollen insbesondere zeigen, daß das Wellenbild eine notwendige Konsequenz des Teilchenbildes und der Komplementaritätslogik ist. In dem so gefundenen Wellenbild wird die Wahrscheinlichkeitsdeutung schon mit enthalten sein. Während BOHR also ursprünglich Teilchenbild und Wellenbild zu versöhnen suchte und dazu zur Begriffsbildung der Komplementarität gedrängt wurde, setzen wir jetzt die Komplementarität als eine Eigenschaft der Logik voraus und zeigen, daß es nach dieser Logik Wellen, und zwar Wahrscheinlichkeitswellen geben muß, wenn es Teilchen gibt. Dieser Gedanke berührt sich nahe mit der von BOPP[1]) entwickelten „korpuskularstatistischen" Auffassung der Quantentheorie. Der Unterschied ist, daß BOPP die Abänderung in der Wahrscheinlichkeitsrechnung und nicht explizite in der Logik vornimmt, und daß er sie an die physikalische Vorstellung der Teilchen bindet. Vielleicht wird der 8. Abschnitt die Vermutung rechtfertigen, daß die logische Auffassung die allgemeinere sei.

[1]) BOPP, F.: Z. Naturforsch. 9a, 579 (1954).

Wie sieht nun die abgeänderte Logik für die einfache Alternative aus? Wenn wir uns einmal entschließen, die Quantentheorie als eine Abänderung der Logik *aufzufassen*, so können wir die Regeln dieser Logik unmittelbar aus den quantentheoretischen Gesetzen ablesen.

Nach unseren Annahmen ist im Beispiel a) die Wellenfunktion hinter dem Schirm eindeutig durch zwei komplexe Zahlen u und v bestimmt, welche Amplitude und Phase der Welle am Ort der beiden Löcher 1 und 2 angeben. Statt der beiden oben eingeführten Funktionen ψ_1 und ψ_2 können wir auf Eins normierte Funktionen φ_1 und φ_2 wählen. Dann ist überall hinter dem Schirm

$$\psi = u\varphi_1 + v\varphi_2 \tag{4}$$

Dabei gilt

$$u u^* + v v^* = 1, \tag{5}$$

und die Wahrscheinlichkeiten dafür, daß das Teilchen durch 1 bzw. 2 getreten ist, sind

$$W_1 = u u^*, \quad W_2 = v v^*. \tag{6}$$

Ist $u = 1$, so ist $v = 0$ und die Aussage „das Teilchen ist durch 1 gegangen" ist wahr; ist $v = 1$, so ist $u = 0$ und dieselbe Aussage ist falsch. Beschreiben wir Wahrheit und Falschheit durch die „Wahrheitswerte" 1 und 0 und bezeichnen wir als „elementar" eine Aussage, die einen „reinen Fall" im Sinne der Quantentheorie beschreibt, so können wir die Komplementaritätslogik hypothetisch in den Satz zusammenfassen: *Jede elementare Aussage kann außer den Wahrheitswerten* 1 *und* 0 *eine komplexe Zahl als Wahrheitswert haben.* Der Interpretation dieser Behauptung ist der Rest unserer Arbeit gewidmet. Alle Aussagen, von denen in diesem und dem nächsten Abschnitt die Rede sein wird, sind elementar. Über die „Gemenge" sprechen wir im 7. Abschnitt.

Was kann ein komplexer Wahrheitswert bedeuten? Wir werden diese Frage nur schrittweise beantworten können. Zunächst lesen wir aus der Quantenmechanik seine bekannte physikalische Bedeutung ab. Indem sein Betrag von 1 und 0 abweichen kann, enthält er die Wahrscheinlichkeitsdeutung der Wellenfunktion. $u u^* = |u|^2$ ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß sich der Satz, dessen Wahrheitswert u ist, bei Nachprüfung als wahr erweist. Die Normierungsbedingung (5) hängt damit zusammen, daß die Entscheidung der Alternative erzwungen werden kann, etwa, wie BOHR ausführt, indem man den an den Schirm übertragenen Impuls mißt; in diesem Falle ist es sicher, daß das Teilchen durch genau eines der beiden Löcher gegangen ist, und die Summe der Wahrscheinlichkeiten der beiden Ereignisse muß daher 1 sein.

Außer seinem Betrag enthält der komplexe Wahrheitswert aber noch eine weitere Angabe in Gestalt seiner Phase. Diese läßt sich in der Wahrscheinlichkeitsdeutung der ursprünglich gegebenen Alternative nicht mehr interpretieren, sondern erst, wenn wir den Begriff der *komplementären Alternativen* einführen. Die ursprüngliche Alternative besteht aus zwei möglichen Aussagen. Man kann sie auch als eine *Frage* bezeichnen: „Welche der beiden Aussagen a_1 und a_2 ist wahr?", wobei a_1 heißt: „das Teilchen ist durch 1 gegangen", a_2: „es ist durch 2 gegangen". Das Zahlenpaar (u, v) können wir auch einen zweikomponentigen

komplexen Vektor nennen[1]). Dieser Wahrheitsvektor lautet (1, 0), wenn a_1 wahr ist, und (0, 1), wenn a_2 wahr ist. Wir behaupten dann: Zu jedem nach (5) normierten Vektor (u, v) gehört eine Aussage, die wahr ist, wenn die Aussagen der vorgegebenen Alternative die Wahrheitswerte u, v haben. Jeder Vektor, der aus einem gegebenen Vektor (u, v) hervorgeht, indem man u und v mit derselben komplexen Zahl vom Betrage 1 multipliziert, entspricht derselben Aussage; zwei Vektoren, die nicht so ineinander übergeführt werden können, entsprechen verschiedenen Aussagen.

Wir erläutern zunächst an Beispielen, daß diese Behauptungen mit der üblichen Quantentheorie übereinstimmen. Im Beispiel a) (S. 545) entspricht jedem Vektor eine wohldefinierte Interferenzfigur. Anschaulicher ist hier das Beispiel b). Der Vektor (u, v) ist hier einfach der PAULIsche Spinor[1]). Es sei etwa ein Magnetfeld in der z-Richtung vorgegeben. Die ursprüngliche Alternative lautet dann: a_1: „der Spin liegt in der positiven z-Richtung"; a_2: „der Spin liegt in der negativen z-Richtung". Jedem Spinor (u, v) entspricht dann eine Richtung, in der der Spin orientiert ist, wenn a_1 und a_2 die „Wahrheitswerte" u bzw. v haben. Man kann diese Richtung z. B. durch ihre Richtungskosinusse definieren:

$$x = u\,v^* + v\,u^*; \quad y = i\,(u\,v^* - v\,u^*);$$
$$z = u\,u^* - v\,v^* \tag{7}$$
$$x^2 + y^2 + z^2 = 1$$

oder durch die Polarwinkel ϑ, φ:

$$u = \cos\frac{\vartheta}{2}\,e^{-i\varphi/2}; \quad v = \sin\frac{\vartheta}{2}\,e^{i\varphi/2}, \tag{8}$$

wobei ein willkürlicher gemeinsamer Faktor vom Betrag 1 in der Form $e^{i\chi/2}$ hinzugefügt werden könnte und den dritten EULERschen Winkel definieren würde (als Azimut der unbeobachtbaren Drehung des „spinning electron" deutbar). Damit haben wir die zu (u, v) gehörige Aussage konstruiert. Sie lautet: „der Spin hat die durch (7) bzw. (8) gegebene Richtung". Man kann sie durch einen STERN-GERLACH-Versuch prüfen.

Wir wollen jede durch einen Vektor (u, v) definierte Aussage, die nicht a_1 oder a_2 selbst ist, zu a_1 und a_2 komplementär nennen. Damit haben wir einen rein logischen Komplementaritätsbegriff eingeführt; er entspricht der parallelen Komplementarität des 2. Abschnitts, und zwar genau im Sinne der ersten Deutung. Wenn von zwei zueinander komplementären Aussagen die eine wahr oder falsch ist, so ist die andere weder wahr noch falsch. Die unitären Drehungen im Vektorraum der (u, v) definieren dann auch komplementäre Alternativen: es sind alle Aussagenpaare, die durch solche Drehung aus der vorgegebenen Alternative hervorgehen. Diese Drehungen lassen die hermitische Form (5) invariant. Die Wahrscheinlichkeitsbegriffe spielen also in unserer Logik dieselbe Rolle wie die metrischen Begriffe in der Geometrie. Dies sei hier nicht näher ausgeführt, dem Kenner der Quantenmechanik kann hier nichts Neues gesagt werden.

6. *Einige logische und ontologische Grundbegriffe.*

Wir versuchen nun eine logische Terminologie festzulegen, die wenigstens einen Teil der Bedeutung der komplexen Wahrheitswerte in eine Sprache übersetzt, die an die traditionellen logischen Begriffe anknüpft. Wir beginnen mit den Begriffen wahr und falsch selbst. Die einzige natürliche Weise, sie beizubehalten, ist wohl in der folgenden Definition gegeben:

Wahrheit: Eine elementare Aussage heißt wahr, wenn ihre Wahrscheinlichkeit 1 ist.

Falschheit: Eine elementare Aussage heißt falsch, wenn ihre Wahrscheinlichkeit 0 ist.

Natürlich sollen diese Definitionen nicht die Begriffe Wahrheit und Falschheit *erklären*; das wäre zirkelhaft, da wir den Begriff der Wahrscheinlichkeit voraussetzen. Sie sollen nur im ursprünglichen Sinn des Wortes de-finitio *abgrenzen*, wo wir sie brauchen wollen und wo nicht. Mit diesen Definitionen ist die Mehrwertigkeit unserer Logik festgestellt. Die nächste Definition lautet sinngemäß:

Unentschiedenheit. Eine elementare Aussage heißt unentschieden, wenn sie weder wahr noch falsch ist.

Dies erfordert einen ausführlicheren Kommentar. Warum haben wir die Definition auf elementare Aussagen beschränkt? Diese sind nach DIRACs Ausdrucksweise durch *Maximalbeobachtungen* bestimmt, d. h. durch Informationen, die so viel über die in Rede stehenden Observablen aussagen, als ohne Verletzung der Komplementarität ausgesagt werden kann. Nur für sie hat das „wenn" in den Definitionen den Sinn der logischen Äquivalenz, darf also als „genau wenn" oder „wenn und nur wenn" verstanden werden. In der klassischen Logik würde man ja sagen, Wahrscheinlichkeit bedeute ein Nichtwissen. Dann wäre zwar eine Aussage, die die Wahrscheinlichkeit 1 hat, sicher wahr, eine Aussage mit einer kleineren, aber von 0 verschiedenen Wahrscheinlichkeit könnte aber noch immer wahr sein; nur wüßten wir das nicht sicher. Unsere Definitionen enthalten also schon die quantenmechanische Grundthese, daß die Wahrscheinlichkeitsaussagen für reine Fälle nicht eine Folge des Nichtwissens eines objektiv bestehenden Zustandes sind. Das Nichtwissen wird in der Logik der Gemenge (7. Abschnitt) berücksichtigt. Erst diese wird daher eine allgemeine Logik sein. Eine spezielle Logik der reinen Fälle, wie wir sie hier betreiben, ist eigentlich die logische Formulierung gewisser Eigenschaften des Seienden, also *ontologischer* Sachverhalte. Da andererseits die Logik der Gemenge, so wie wir sie hier aufbauen, auf der der reinen Fälle beruht, erscheinen wenigstens in unserer Darstellungsweise die ontologischen Sätze als die Voraussetzung der logischen. Wir wollen daher eine der logischen zugeordnete ontologische Sprechweise einführen:

Wirklichkeit und Möglichkeit: Ein Zustand heiße *wirklich*, wenn die Aussage, daß er bestehe, wahr ist. Er heiße *möglich*, wenn es nach der Physik vorkommen kann, daß er wirklich ist. Er heiße *nur-möglich*, wenn die Aussage, daß er bestehe, unentschieden ist. Er heiße *nicht-verwirklicht*, wenn die Aussage, daß er bestehe, falsch ist.

„Zustand" bezeichnet hier einen reinen Fall. Das Vorkommen der Worte „bestehen" und „können" zeigt, daß auch diese Definitionen ein Verständnis der definierten Begriffe schon voraussetzen und nur eingrenzen. Das Wesentliche der Begriffe „unentschieden" und „möglich" tritt hervor, wenn wir nun die folgenden weiteren Definitionen und Sätze aufstellen, für die wir auf Beweise verzichten wollen.

[1]) Vgl. Anhang.

Entschiedenheit. Eine elementare Aussage heiße entschieden, wenn sie nicht unentschieden ist.

Komplementarität. Zwei elementare Aussagen heißen komplementär, wenn sie nicht gleichzeitig entschieden sein können.

In der Quantenmechanik gilt der

Satz der Komplementarität. Zu jeder elementaren Aussage gibt es komplementäre elementare Aussagen.

Identität. Sind zwei elementare Aussagen äquivalent, d.h., sind sie immer und nur zugleich wahr, so bezeichnen sie denselben Zustand.

Koexistenz. Sind zwei elementare Aussagen komplementär, so sollen die durch sie bezeichneten Zustände koexistent heißen.

Der Begriff der Koexistenz drückt in aller Schärfe die quantenmechanische Ontologie aus, genau wie DIRACS Begriff der Übereinstimmungswahrscheinlichkeit zweier Zustände. Sei soeben ein Zustand a wirklich und ein anderer Zustand b nur-möglich, so sagen wir nicht, b sei nicht-wirklich, sondern b sei in a mit einem gewissen Anteil enthalten. Die Quantentheorie spricht hier auch von „virtueller Existenz". Der Grund hierfür liegt im *Superpositionsprinzip*. Bezeichnen die Vektoren φ und χ mögliche Zustände, so bezeichnet auch $\psi = u\varphi + v\chi$ mit normierten komplexen u und v einen möglichen Zustand. Die Wahrscheinlichkeit $|u|^2$, φ vorzufinden, wenn ψ besteht, gilt als Maß der Beteiligung von φ an ψ. Wir begründen diese Behauptung hier nicht weiter, sondern bemerken nur, daß sie die Grundlage aller hier aufgestellten logischen Behauptungen ist. Die u und v geben also primär Zusammenhänge möglicher Zustände an und erscheinen erst sekundär als „Wahrheitswerte" der Aussagen, die das Bestehen dieser Zustände behaupten. Die Hypothese vom allgemeinen Charakter der hier beschriebenen Logik wird dadurch nicht eingeschränkt, sondern auf die Hypothese vom allgemeinen Charakter der hinter ihr stehenden Ontologie zurückgeführt.

Wir greifen nun die Frage des 4. Abschnitts auf, wie sich die hier beschriebene Logik zu der Logik verhalte, mit deren Hilfe wir sie beschreiben. Da wir hierzu aus der Logik der einfachen Alternative heraustreten müssen, seien zuerst ein paar allgemeine Begriffe eingeführt.

Fragen und Alternativen. Dem physikalischen Begriff des Experiments entspricht der logische Begriff der *Frage*. Aussagen sind dann Antworten auf Fragen. Eine Frage heiße präzisiert, wenn feststeht, welche Antworten auf sie gegeben werden können. Eine Frage heiße vollpräzisiert oder eine *Alternative*, wenn aus der Wahrheit einer ihrer Antworten die Falschheit aller übrigen und aus der Falschheit aller bis auf eine die Wahrheit dieser einen Antwort folgt. Wenn wir kurz „Frage" sagen, wollen wir darunter eine vollpräzisierte Frage, also eine Alternative verstehen. Eine Alternative, auf die genau n Antworten möglich sind, heiße n-fach (man verzeihe die doppelte Inkonsequenz, daß die Beziehung des „alter" in „Alternative" auf die Zahl 2 ignoriert, die 2-fache Alternative aber, im Anklang an den philologisch korrekten Sprachgebrauch, als einfache Alternative bezeichnet wurde). n ist in der Quantenmechanik meist unendlich. Zum Beispiel bilden die Antworten auf die Frage: „wo ist dieses Teilchen?" das dreifache Kontinuum der Koordinatentripel (x, y, z). Die hier gegebene Definition der Alternative, die in der klassischen Logik trivial scheinen könnte, ist es in der Quantentheorie nicht. Ordnen wir jeder möglichen Antwort auf diese Alternative eine komplexe Zahl zu, so entsteht ein komplexer Vektor in einem dreifach unendlichdimensionalen Raum: der quantenmechanische Zustandsvektor[1]). Impliziert die Wahrheit einer elementaren Aussage die Falschheit einer anderen, so sind die zugehörigen Zustandsvektoren orthogonal. Unsere Definition ordnet die Alternativen also den vollständigen Orthogonalsystemen, d.h. den Klassen vertauschbarer hermitischer Operatoren zu. Eine Alternative heiße *entschieden*, wenn eine der auf sie möglichen Antworten wahr ist, sonst *unentschieden*. Man bemerke, daß hier, wie schon in der Definition der Alternative, eine Asymmetrie zwischen Wahrheit und Falschheit auftritt. Aus der Wahrheit einer Antwort folgt die Falschheit aller anderen, aus der Falschheit einer Antwort folgt für $n > 2$ nichts über die Wahrheitswerte der anderen.

Wir betrachten nun wieder das Beispiel der einfachen Alternative. Die Frage, von der wir ausgehen, nennen wir die *Grundfrage*. Sie lautet z.B.: „durch welches Loch ist das Teilchen gegangen?" Sie ist im Sinne unserer Definition eine Alternative. Die beiden auf sie möglichen Antworten lauten: a_1 „das Teilchen ist durch das Loch 1 gegangen" und a_2 „das Teilchen ist durch das Loch 2 gegangen". Ist a_1 wahr, so ist a_2 falsch; ist a_2 wahr, so ist a_1 falsch; ist a_1 falsch, so ist a_2 wahr; ist a_2 falsch, so ist a_1 wahr. Dies gilt in der klassischen Logik, aber nach unseren Definitionen von Wahrheit und Falschheit auch in der Quantenlogik.

Indem wir den beiden Antworten a_1 und a_2 Wahrheitswerte u und v zugesprochen haben, sind wir in eine *höhere logische Stufe* eingetreten. Die Grundfrage fragte nach einer Eigenschaft eines physikalischen Gegenstandes. Jetzt fragen wir nach der Wahrheit der Antworten auf die Grundfrage. Diese Frage heiße die *Metafrage*. Sie lautet: „Welche Wahrheitswerte haben die möglichen Antworten auf die Grundfrage?" Die Komplementaritätslogik sagt: „die möglichen Antworten auf die Metafrage sind alle normierten Vektoren (u, v)". Demnach ist die Metafrage eine unendlichfache Alternative. Diese Alternative ist im Sinne der klassischen Logik verstanden. Jede der auf sie möglichen Antworten ist entweder wahr oder falsch. Denn ein bestimmter Vektor (u, v) liegt vor. Liegt dieser vor, so liegt kein anderer vor. Ist unbekannt, welcher Vektor (u, v) vorliegt, so darf dies im Sinne der Theorie der Gemenge verstanden werden: „ein Vektor liegt vor, aber man weiß nicht, welcher". Wir haben also die Komplementaritätslogik in die Objektsprache eingeführt mit Hilfe einer Metasprache, in der wir die zweiwertige Logik voraussetzen.

Wir können damit genau sagen, in welchem Sinne der Satz vom ausgeschlossenen Dritten gilt und in welchem nicht. Die beiden Aussagen a_1 und „a_1 ist wahr" gehören verschiedenen Stufen an, haben also sicher verschiedenen Sinn. In der klassischen Logik sind sie aber äquivalent, d.h. sie sind stets zugleich wahr und zugleich falsch. In der Komplementaritätslogik sind sie nicht äquivalent. Zwar folgt aus der Wahrheit bzw. Falschheit von a_1 die Wahrheit bzw.

[1]) Vgl. Anhang.

Falschheit von „a_1 ist wahr", aber nicht umgekehrt. Denn wenn „a_1 ist wahr" falsch ist, kann a_1 unbestimmt sein. Sei etwa $u = v = 1/\sqrt{2}$, so ist a_1 weder wahr noch falsch, „a_1 ist wahr", ist aber falsch. Ist aber „a_1 ist wahr" wahr, so ist auch a_1 wahr. Man kann also eine Quasi-Äquivalenz zwischen Grundaussage und Metaaussage behaupten, die sich auf die Wahrheit, aber nicht auf die Falschheit beider Aussagen erstreckt. In diesem Sinne kann man sagen, die Komplementaritätslogik ändere den klassischen Begriff der Wahrheit nicht ab, sondern nur den der Falschheit. Hiermit hängt die „Persistenz der klassischen Gesetze" zusammen: Alles, was klassisch aus dem folgt, was man wirklich weiß, folgt auch quantentheoretisch; nach der Quantentheorie kann man aber, anders als klassisch, nicht alles zugleich wissen, was man überhaupt wissen kann.

Wie am Spin erläutert wurde, gibt es zu jedem Vektor (u, v), also zu jeder Antwort auf die Metafrage eine Grundaussage, die genau dann wahr ist, wenn dieser Vektor vorliegt, wenn also diese Antwort auf die Metafrage wahr ist. Zu einer Metafrage gehören also viele Grundfragen. Diese sind zueinander komplementär. Wir nennen sie den *Komplementaritätsbereich* dieser Metafrage.

Wir wollen annehmen, es seien Meßgeräte vorhanden, mit denen jede Grundfrage eines Komplementaritätsbereichs durch eine einzige Messung entschieden werden kann. Dies würde z. B. für die Spinrichtung eines Teilchens eine STERN-GERLACH-Apparatur leisten, die ein einzelnes Teilchen in einem Magnetfeld beliebig gewählter Richtung zu beobachten gestattet. Mit eben diesen Geräten kann man dann die Metafrage nur durch eine statistische Meßreihe beantworten. Man muß viele gleichartige Teilchen beobachten, von denen feststeht, daß sie im selben Zustand sind, oder dasselbe Teilchen oft im selben Zustand. Fragt man z. B. als Grundfrage nach der Orientierung eines Teilchens in der z-Richtung, so liefert ein STERN-GERLACH-Versuch mit vielen Teilchen und mit einem in der z-Richtung orientierten Magnetfeld zwei Strahlen mit den Intensitäten $|u|^2$ und $|v|^2$. Derselbe Versuch etwa in der x-Richtung liefert andere Intensitäten $|u'|^2$ und $|v'|^2$, wobei (u', v') mit (u, v) linear zusammenhängt. Die zweite Messung bestimmt auch die relative Phase von u und v bis auf π, d. h. bis auf ein Vorzeichen, das durch eine dritte Messung (in der y-Richtung) bestimmt werden kann.

Wir werden die Frage der logischen Stufen im 8. Abschnitt wieder aufnehmen.

7. *Volle Aussagenlogik nach* BIRKHOFF *und* v. NEUMANN.

Es kann sich hier nur um ein abgekürztes Referat und eine Diskussion der Grundlagen der Theorie von BIRKHOFF und v. NEUMANN handeln; für alle Einzelheiten muß auf die Originalarbeit verwiesen werden.

Man kann die Aussagenlogik als eine Theorie gewisser Operationen oder Funktionen auffassen, durch die aus gegebenen Aussagen andere Aussagen gewonnen werden. Wir wollen hier nur die vier wichtigsten dieser Funktionen betrachten: die Negation ($\bar{a}$: nicht a), Konjunktion ($a \wedge b$: a und b), Disjunktion ($a \vee b$: a oder b), und Implikation ($a \rightarrow b$: wenn a, so b). Nach FREGE pflegt man sie als Wahrheitsfunktionen zu definieren. Das heißt, man beschreibt nicht den Inhalt der neuen Aussage, sondern gibt nur an, wie ihre Wahrheitswerte von den Wahrheitswerten der Argumentaussagen abhängen. $\bar{a}$ ist wahr, wenn und nur wenn a falsch ist. $a \wedge b$ ist wahr, wenn a und b wahr sind, sonst falsch. $a \vee b$ ist falsch, wenn a und b falsch sind, sonst wahr. $a \rightarrow b$ ist falsch, wenn a wahr ist und b falsch, sonst wahr. Es ist zu erwarten, daß dieses Verfahren in der Komplementaritätslogik nicht mehr möglich sein wird. Die Aussagen über Wahrheitswerte von Aussagen sind ja von höherer Stufe als die betreffenden Aussagen selbst. Die FREGEsche Methode gewinnt aus ihnen Aussagen der ursprünglichen Stufe zurück vermittels der Äquivalenz von a und „a ist wahr". Diese Äquivalenz besteht aber in der Komplementaritätslogik nicht mehr. Ferner haben wir unsere „Wahrheitswerte" nur für reine Fälle definiert. Bezeichnen aber zwei verschiedene Aussagen a und b reine Fälle, so bezeichnet z. B. $a \vee b$ nie einen reinen Fall.

Man gewinnt die Aussagenfunktionen der Komplementaritätslogik am besten durch eine Verallgemeinerung derjenigen Definition der klassischen Aussagefunktionen, die auf der *Mengenlehre* beruht. M sei die Menge aller möglichen Zustände eines physikalischen Gegenstandes. ξ sei eine physikalische Eigenschaft, die dem betreffenden Gegenstand zukommen kann (etwa ein Zahlwert einer Ortskoordinate). x sei die kontingente Aussage: „der Gegenstand hat die Eigenschaft ξ". X sei die Menge aller derjenigen Zustände des Gegenstands, in denen er die Eigenschaft ξ hat, für die also x wahr ist. X ist eine Teilmenge von M. Man definiert dann[1])

$\bar{x}$ ist die Aussage, die genau für alle Zustände der *Komplementmenge* von X wahr ist.

$x \wedge y$ ist die Aussage, die genau für alle Zustände des *Durchschnitts* der Mengen X und Y wahr ist.

$x \vee y$ ist die Aussage, die genau für alle Zustände der *Vereinigungsmenge* der Mengen X und Y wahr ist.

$\bar{x}$ besagt dann offenbar inhaltlich: „der Gegenstand hat die Eigenschaft ξ nicht"; $x \wedge y$: „er hat ξ und η"; $x \vee y$: „er hat wenigstens ξ oder η". „Die Aussage, die" darf man nur sagen, wenn es sicher eine und nur eine Aussage dieser Eigenschaft gibt. Daß es eine gibt, haben wir gesehen. Wenn wir alle äquivalenten Aussagen identifizieren, gibt es auch nur eine.

Die Implikation könnte man ebenso definieren. Wir ziehen vor, sie sofort als Metaaussage auszusprechen:

$x \rightarrow y$ ist die Aussage, die besagt, daß X eine *Teilmenge* von Y ist.

Der Unterschied ist, daß $\bar{x}$, $x \wedge y$ und $x \vee y$ nach unserer Definition kontingente Aussagen sind, $x \rightarrow y$ aber eine allgemeine, also zeitlose Aussage, welche einen gesetzmäßig bestehenden Zusammenhang zwischen den Eigenschaften ξ und η ausspricht. Es gibt in der klassischen Logik eine kontingente Aussage, die immer wahr ist, wenn und nur wenn unser $x \rightarrow y$ wahr ist, nämlich $\bar{x} \vee y$. Deshalb bezeichnet man $\bar{x} \vee y$ in der klassischen Logik als Implikation. Diese Definition hat manchem Anfänger in der Logik Schwierigkeiten gemacht; sie beruht in der Tat, wie freilich die ganze

[1]) Vgl. Anhang.

klassische Theorie der Wahrheitsfunktionen, auf der Identifikation zweier inhaltlich verschiedener, aber umfangsgleicher, d.h. äquivalenter Aussagen. In der Komplementaritätslogik aber gibt es, soviel ich sehe, keine kontingente Aussage, die immer wahr wäre, wenn die Implikation im dort zu definierenden Sinne wahr ist; $\bar{x} \vee y$ hat diese Eigenschaft dort jedenfalls nicht.

Die klassische Mengenlehre beruht nun auf einer ontologischen Voraussetzung, die in der Quantentheorie aufgegeben wird. Mengen werden als Gesamtheiten *verschiedener* Individuen definiert. Die Elemente einer Menge müssen unterscheidbar sein. Zwei vorgegebene Elemente sind entweder verschieden oder identisch; tertium non datur. In unserem Fall haben wir es mit Mengen von Zuständen eines physikalischen Gegenstands zu tun. Wir haben im vorigen Abschnitt gesehen, daß die Ontologie der Quantentheorie den Begriff der *Koexistenz* zwischen solchen Zuständen kennt. Sind zwei koexistente Zustände φ und ψ identisch oder verschieden? Ist φ wirklich, so wird man bei Nachprüfung ψ mit einer Wahrscheinlichkeit w wirklich finden, mit der Wahrscheinlichkeit $1-w$ nicht-verwirklicht. φ und ψ sind verschiedene Antworten auf die Metafrage. Das heißt mit der zweiwertigen Logik der Metasprache, in der wir die Komplementaritätslogik beschreiben, sind sie unterscheidbar. Im Sinne der Komplementaritätslogik haben sie eine Wahrscheinlichkeit w, identisch zu sein. Das ist nicht nur eine Redensart, sondern hat bestimmte Konsequenzen für die Beobachtung.

Wir betrachten wieder das einfachste Beispiel. Ein Strahl von Elektronen derselben Spinrichtung heißt polarisiert. Es gibt so viele mögliche Polarisationszustände wie Richtungen im Raum. Sie sind unterschieden, aber sie schließen einander nicht aus: ein in der positiven z-Richtung polarisierter Strahl wird z.B. durch einen STERN-GERLACH-Versuch in der x-Richtung in zwei Strahlen gleicher Intensität zerlegt, die in der positiven und negativen x-Richtung polarisiert sind. Nun stellen wir zwei unpolarisierte Strahlen her. Einmal mischen wir gleichviele Elektronen positiver und negativer z-Polarisation, das andere Mal gleichviele Elektronen positiver und negativer x-Polarisation. Der Zustand eines Elektrons im unpolarisierten Strahl, dessen Polarisationsrichtung also nicht bekannt ist, heißt ein „Gemenge". Nun besagt bekanntlich die Quantentheorie der Gemenge, daß die beiden unpolarisierten Strahlen, die wir hergestellt haben, identische Gemenge darstellen. Alles, was an einem Gemenge beobachtet werden kann, ist durch die v. NEUMANNsche statistische Matrix beschrieben, und diese ist in beiden Fällen dieselbe. Es gibt nur „unpolarisierte" Strahlen und unter diesen keine Unterschiede nach der Art ihrer Entstehung. Das ist eine natürliche Folge der Koexistenz: ist ein in der positiven oder negativen z-Richtung polarisiertes Teilchen zugleich mit der Wahrscheinlichkeit 1/2 in der positiven x-Richtung polarisiert, so läuft es auf dasselbe hinaus, ob man die $\pm z$-Polarisation oder die $\pm x$-Polarisation im Verhältnis 1:1 mischt.

Allgemein gilt: Ist ein Gemenge dadurch definiert, daß m linear unabhängige Zustandsvektoren je mit endlicher Wahrscheinlichkeit vorliegen, so enthält das Gemenge auch jeden von den gegebenen Vektoren linear abhängigen Vektor mit endlicher Wahrscheinlichkeit. Das heißt mit m unabhängigen Vektoren ist immer auch der ganze von ihnen aufgespannte m-dimensionale lineare Unterraum möglich. BIRKHOFF und v. NEUMANN definieren daher als die möglichen Eigenschaften eines physikalischen Gegenstands, also in unserer Ausdrucksweise als die möglichen kontingenten Aussagen über ihn, alle abgeschlossenen linearen Unterräume seines Zustandsraums. Dies ist zwar keine vollständige Theorie der Gemenge; es enthält aber von ihr genau so viel, als man mit rein aussagenlogischen Funktionen, ohne quantitative Angabe von Wahrscheinlichkeiten, erklären kann.

Nun werden folgende Definitionen getroffen.

x ist die Aussage, die genau in einem linearen Unterraum X wahr ist.

$\bar{x}$ ist die Aussage, die genau in dem auf X total senkrechten Unterraum wahr ist.

$x \wedge y$ ist die Aussage, die genau im Durchschnitt der Unterräume X und Y wahr ist.

$x \vee y$ ist die Aussage, die genau in dem von X und Y linear aufgespannten Unterraum wahr ist.

$x \rightarrow y$ ist die Aussage, die besagt, daß X ein linearer Unterraum von Y ist.

Mathematisch definieren die betrachteten linearen Unterräume eine projektive Geometrie. $x \wedge y$ ist die Operation des Schneidens, $x \vee y$ die des Verbindens, $x \rightarrow y$ die Relation des Enthaltenseins. $\bar{x}$ kann nur mit metrischen Begriffen (Senkrechtstehen) definiert werden. Dem entspricht logisch, daß es für die anderen Operationen genügt, den Begriff der Wahrheit (die zweiwertige Logik der Metasprache) zu verwenden; es genügt, zu unterscheiden, ob die betreffende Aussage wahr oder nicht wahr ist. Die Negation hingegen erfordert zu ihrer Definition auch den Begriff der Falschheit, und da wir diesen mit Hilfe der Wahrscheinlichkeit Null eingeführt haben, die Metrik des Zustandsraumes.

Mit Hilfe der Verbandstheorie zeigen die Autoren, daß die sämtlichen Regeln der klassischen Logik auch für die neuen Funktionen gelten mit Ausnahme der beiden distributiven Gesetze:

$$\begin{aligned} (a \wedge b) \vee c &= (a \vee c) \wedge (b \vee c) \\ (a \vee b) \wedge c &= (a \wedge c) \vee (b \wedge c), \end{aligned} \tag{9}$$

welche durch das „modulare Gesetz" ersetzt werden:

$$\text{Wenn} \quad a \rightarrow b, \text{ so } a \vee (b \wedge c) = (a \vee b) \wedge c. \tag{10}$$

Die Bedeutung dieser Änderung wollen wir hier nicht diskutieren. Hingegen seien ein paar Bemerkungen zu den Gesetzen der Negation gemacht. In der klassischen Logik gelten die Sätze

$$\begin{aligned} &\bar{\bar{a}} = a && \text{(doppelte Negation)} \\ &a \wedge \bar{a} = 0 && \text{(Widerspruch)} \\ &a \vee \bar{a} = 1 && \text{(tertium non datur);} \end{aligned}$$

$x = 0$ heißt dabei: „x ist immer falsch", $x = 1$: „x ist immer wahr". Alle drei Formeln gelten auch in der BIRKHOFF-NEUMANNschen Logik. Scheinbar gilt also auch in ihr das tertium non datur. In Wirklichkeit bedeuten die Formeln jetzt inhaltlich etwas anderes als in der klassischen Logik. Die Menge der Zustände, in denen $\bar{a}$ gilt, ist nicht mehr die Komplementmenge der Menge, in der a gilt, sondern nur ein auf ihr senkrechter Unterraum. Die Vereinigungsmenge von a und $\bar{a}$ ist also nicht die ganze Menge, und in diesem

Sinne ist das tertium non datur falsch. Da aber auch das „oder" eine andere Bedeutung erhält, bleibt die Formel $a \vee \bar{a}$ immer wahr: a und $\bar{a}$ spannen den ganzen Zustandsraum linear auf. $a \vee \bar{a}$ ist immer wahr, „a ist wahr oder $\bar{a}$ ist wahr" aber nicht. BIRKHOFF und v. NEUMANN führen die Mehrwertigkeit nicht explizite ein, weil sie die Komplementaritätslogik nur mathematisch beschreiben und damit auskommen, zu unterscheiden, ob eine Aussage zutrifft oder nicht; dies ist die zweiwertige Logik der Metasprache. Würden sie die experimentelle Entscheidung der Grundfragen explizite diskutieren, so müßten sie Wahrheit, Unentschiedenheit und Falschheit unterscheiden, und der mehrwertige Charakter ihrer Logik würde zum Vorschein kommen.

8. *Logische Stufen und mehrfache Quantelung.*

Im 6. Abschnitt haben wir die Komplementaritätslogik mit Hilfe einer zweiwertigen Metalogik beschrieben. Im 4. Abschnitt haben wir aber die Hypothese aufgestellt, die Komplementaritätslogik sei im dort erläuterten Sinne „die" wahre Logik. Dann muß auch der klassische Charakter der Metalogik nur eine Annäherung gewesen sein. Auch sie müßte in Wirklichkeit im Sinne der Komplementarität mehrwertig sein.

Wir versuchen naiv den nächsten Schritt. Betrachten wir die Ortsmessung eines Teilchens. Die möglichen Werte der Koordinate x sind die möglichen Antworten auf die Grundfragen. Diese Antworten sind nicht notwendig wahr oder falsch. Sie können vielmehr komplexe Wahrheitswerte $\psi(x)$ haben. $\psi(x)$ ist die SCHRÖDINGER-Funktion des Einteilchenproblems. Wir haben angenommen, in jedem reinen Fall liege genau ein $\psi(x)$ vor. Auch in Gemengen kann man, mit der durch die Koexistenz gegebenen Modifikation, voraussetzen, ein bestimmter reiner Fall, also ein bestimmtes $\psi(x)$ liege vor, und wir wüßten nur nicht, welches. Das heißt, wir haben vorausgesetzt, die Metafrage dürfe nach der klassischen Logik behandelt werden. Diese Voraussetzung lassen wir jetzt fallen. Die möglichen Funktionen $\psi(x)$ sind die möglichen Antworten auf die Metafrage. Wir schreiben also jetzt jedem $\psi(x)$ eine komplexe Zahl als Wahrheitswert zu. Das heißt, wir bilden ein komplexwertiges Funktional $\Phi[\psi(x)]$.

Ist das nicht genau der Formalismus der Quantelung der Wellen, so hergeleitet, daß sich sein anderer Name „zweite Quantelung" als berechtigt erweist? Wir kommen damit auf die Frage des 2. Abschnitts zurück, ob die formale Ähnlichkeit der SCHRÖDINGER-Theorie des Einteilchenproblems und der anschaulichen Wellentheorie einen physikalischen Sinn habe. Wir vermuten jetzt, in einem alsbald abzugrenzenden Umfang, die sachliche Identität der beiden Wellentheorien.

Gegen diese Vermutung gibt es eine Reihe von Einwänden, deren Besprechung, wie wir hoffen, das Problem schrittweise aufklären wird:

1. Die klassische Welle ist meßbar, die SCHRÖDINGER-Welle nicht.

2. Die klassische Welle hat beliebige Intensität; für die SCHRÖDINGER-Welle ist ein konstanter Faktor bedeutungslos, so daß man sie zweckmäßigerweise normiert.

3. Die Wellengleichung, welche die zeitliche Entwicklung der Wellen beherrscht, ist für klassische Wellen mit Wechselwirkung nichtlinear; die SCHRÖDINGER-Gleichung ist wesentlich linear.

4. Es gibt klassische Wellentheorien, die gar nicht als SCHRÖDINGER-Theorien von Teilchen aufgefaßt werden können, z. B., weil ihre Wellenfunktionen reell sind.

Zur Antwort auf den ersten Einwand erinnern wir an das Ende des 6. Abschnitts. Ist eine Grundfrage durch eine *Messung* mit einem bestimmten Meßgerät entscheidbar, so läßt sich ihre Metafrage mit demselben Gerät in gewissem Umfang ebenfalls, aber nur statistisch beantworten. Im Fall des Spins ließ sich das genau zeigen. Um nicht nur den Betrag, sondern auch die Phase der Wellenfunktion zu erhalten, mußte man für zueinander komplementäre Grundfragen statistische Messungen machen, z. B. für den Spin in mehreren Richtungen. Analog ergibt eine Statistik von Ortsmessungen nur $|\psi(x)|^2$; eine Statistik von Impulsmessungen im selben Zustand würde wohl ausreichen, um auch die Phasenbeziehungen zu ermitteln.

Ob aber eine Messung statistischen Charakter hat oder nicht, ist oft physikalisch nicht von vorneherein klar. Man kann Wahrscheinlichkeiten als kontinuierliche Intensitäten messen. Wer ein Radiofeld mit einer Antenne oder ein Elektronenfeld mit einer photographischen Platte ausmißt, braucht nicht zu merken, daß das Feld „eigentlich" aus Teilchen besteht. Was im Sinne des Teilchenbildes eine statistisch entscheidbare Metafrage war, wird im Sinne des Wellenbildes eine durch direkte Messung entscheidbare Grundfrage; die direkte Messung der Welle und die statistische Messung der Teilchen sind aber faktisch dieselbe Messung.

Nach dieser Auffassung müßten wir das Diagramm von S. 523 durch das klassische Einteilchenbild zu folgendem Schema ergänzen:

1. Klassische Theorie eines Teilchens

$K \swarrow$ $\qquad$ $\searrow Q$

2. Klassische Theorie mehrerer Teilchen

3. Quantentheorie eines Teilchens = Klassische Theorie der Wellen

$Q \searrow$ $\qquad$ $\swarrow Q$

4. Quantentheorie mehrerer Teilchen = Quantentheorie der Wellen

Die Buchstaben K und Q an den Pfeilen deuten an, ob der betreffende Übergang innerhalb der klassischen Physik oder durch den Prozeß der Quantelung, also durch Einführung der Komplementaritätslogik in der letzten gerade erreichten logischen Stufe erfolgt. Nun ist der Prozeß der Quantelung im wesentlichen zwangsläufig. Der mit K bezeichnete Übergang ist vom Standpunkt der klassischen Physik aus nicht erzwungen. Denn daraus, daß es ein Teilchen gibt, folgt klassisch nicht auf logischem Wege, daß es mehrere Teilchen geben kann oder muß. Da aber an den drei übrigen Pfeilen ein Q steht, das Zwangsläufigkeit involviert, liegt der Verdacht nahe, daß auch der vierte Pfeil vom Standpunkt der Quantentheorie aus als notwendig verstanden werden kann. Diese Vermutung hängt eng zusammen mit der Antwort auf den zweiten Einwand.

Offensichtlich ist die freie Variabilität der Norm der Wellenfunktion notwendig, wenn durch die Quantelung der Wellen die Existenz vieler Teilchen herauskommen soll. Wir besprechen hier nur die unrelativistische Theorie für *ein* Ladungsvorzeichen. In einer anschaulichen Wellentheorie ist dann $\psi^*\psi$ die Intensität der Welle, und in der zugehörigen Quantentheorie ist daher $N=\int\psi^*\psi d\tau$ der Operator, dessen ganzzahlige Eigenwerte die möglichen Gesamtteilchenzahlen bedeuten. Legt man von vorneherein fest, daß $N=1$ sein solle, so weiß man damit vorweg, daß man es genau mit *einem* Teilchen zu tun hat. Genau das weiß man aber, wenn man von der klassischen Theorie eines Teilchens ausgeht und diese *mit der Forderung* quantelt, es solle sich auch in der Quantentheorie um genau ein Teilchen handeln. Die Normierung der Wellenfunktion bedeutet lediglich diese Forderung. Es liegt nun nahe, diese Forderung als eine zusätzliche anzusprechen, die aus der Gesamtheit aller Zustände die mit der Teilchenzahl 1 herausgreift. Dann muß man den unnormierten Vektor als den eigentlichen Repräsentanten des quantenmechanischen Zustands auffassen. Was bedeutet das physikalisch und logisch?

ψ sei jetzt die SCHRÖDINGER-Funktion des Einteilchenproblems. Normiert man ψ, so ist $\psi^*\psi$ die Wahrscheinlichkeitsdichte des einen betrachteten Teilchens. Normiert man ψ nicht, fordert aber zunächst noch, daß N eine ganze Zahl sei, so muß das anschaulich bedeuten, daß beliebig viele Teilchen möglich sind, die aber alle denselben durch das normierte ψ beschriebenen quantenmechanischen Zustand haben. Dann ist $\psi^*\psi$ die „Häufigkeitsdichte" der Teilchen oder kurz ihre mittlere Dichte. Der Übergang zur nicht auf 1 normierten ψ-Funktion bedeutet also einfach den Übergang vom Begriff der Wahrscheinlichkeit zu dem der Häufigkeit. Man wird sich als Physiker sehr wohl mit dem Gedanken vertraut machen können, daß der Begriff der absoluten Häufigkeit oder der mittleren Anzahl von Teilchen in einem Gebiet die ursprüngliche Beschreibung eines realen Zustandes liefert, und daß aus ihm der Begriff der Wahrscheinlichkeit oder der relativen Häufigkeit erst abstrahiert ist. Allgemein logisch würde man dann sagen: die unnormierten Wahrheitswerte $\psi(x)$ der Antworten auf die Grundfrage nach x geben nicht nur an, ob und wie diese oder welche zu ihr komplementäre Grundfrage *entschieden* ist, sondern auch, mit welcher „*Intensität*" der betreffende Zustand vorliegt. Auch das ist ein Schritt in der Richtung, die „logische" Formulierung der Quantentheorie als eine zwar korrekte, aber sekundäre aufzufassen und die „ontologische" als die primäre.

In dieser Deutung haben wir aber noch nicht die volle Variabilität von ψ zugelassen, denn das Normierungsintegral mußte noch ganzzahlig sein. Unganzzahliges N würde „Bruchteile von Teilchen" bedeuten, unter denen wir uns physikalisch nichts vorstellen können. Hierauf gibt die „zweite Quantelung" die Antwort. Von ihrem Standpunkt aus ist unser ψ eine klassische Größe. Klassische Theorien sind aber nur für große Quantenzahlen korrekt. In der Tat ergibt die Feldquantelung als eine Folge der Vertauschungsrelation der ψ-Wellen die Ganzzahligkeit der Eigenwerte von N. Erst in dieser zweiten Quantelungsstufe also liefert die Theorie eine Tatsache, die wir empirisch schon kannten und bei der Formulierung der Grundfrage bereits naiv verwendet haben, nämlich die Existenz diskreter Teilchen. Wenn unsere Deutung richtig ist, so ist sie ein Beispiel mehr für den Zirkel der Erkenntnis.

Es wäre nun freilich befriedigend, einen Fall zu kennen, in dem die Norm von ψ durch die nächste Quantelung nicht auf ganzzahlige Werte beschränkt würde, in dem wir also eine physikalische Deutung ihrer kontinuierlichen Variabilität besäßen. Ich glaube, einen solchen Fall angeben zu können, der freilich hier nur angedeutet werden kann, da er einen neuen umfangreichen Fragenkreis eröffnet. Die Quantenlogik der einfachen Alternative führt zu einer Mannigfaltigkeit von Zuständen, die der Gesamtheit der Richtungen im dreidimensionalen reellen Raum zugeordnet werden kann [vgl. Gl. (7) und (8)]. Es ist die bekannte Mathematik der Spinoren. Gibt man die Normierung auf, so fällt die letzte der vier Gleichungen (7) fort, und man erhält eine Mannigfaltigkeit von Zuständen, die der der *Punkte* im dreidimensionalen Raum zugeordnet werden kann. Ich möchte vermuten, daß die mathematischen Eigenschaften des wirklichen physikalischen Raumes auf diese Weise aus der Komplementaritätslogik folgen. Das Argument, das ich bisher nicht streng formulieren kann, macht von der Forderung der *Konsistenz* der Logik bei mehrfacher Quantelung Gebrauch: Wenn die Physik überhaupt einfache Alternativen zuläßt, so definieren diese stets, zunächst abstrakt, dreidimensionale reelle Räume. Also ist zu erwarten, daß es eine Darstellung der Physik gibt, in der diese die Vorgänge in dreidimensionalen reellen Räumen oder vielleicht in einem solchen Raum beschreibt.

Als Beispiel für diese Konsistenzüberlegung betrachten wir ein einzelnes freies Teilchen. Seine stationären Zustände sind die von konstantem Impulsvektor p_x, p_y, p_z. Aus dieser unendlichen Alternative blenden wir eine einfache Alternative heraus. Wir bauen etwa einen Apparat, der das Teilchen überhaupt nur registriert, wenn sein Impuls genau in der z-Richtung liegt und genau einen vorgegebenen Betrag p_0 hat. Es bleibt dann nur die einfache Alternative, ob das Teilchen nach oben oder nach unten läuft: $p_z=\pm p_0$. Ein solcher Apparat wäre so sonderbar und nutzlos wie die meisten Apparate von Gedankenexperimenten, aber er wäre wohl grundsätzlich mit Blendensystemen, die nur in bestimmten Zeitintervallen geöffnet werden und so nur Teilchen bestimmter Geschwindigkeit durchlassen, realisierbar. Er wäre in bezug auf den Impuls ein Analogon dessen, was die zwei Löcher im YOUNGschen Experiment in bezug auf den Ort sind. In beiden Experimenten registriert man die meisten Teilchen überhaupt nicht; wenn aber ein Teilchen registriert wird, so hat es eine einfache Alternative. Wir wollen aber, anders als beim YOUNGschen Experiment, keine Interferenzversuche anstellen. Es genügt uns, die Möglichkeit der Ausblendung dieser einfachen Alternative einzusehen. Auf sie als Grundfrage wenden wir nun die nichtnormierte Komplementaritätslogik an. *Nennen* wir die drei in Gl. (7) definierten Größen die Komponenten des Impulses, gemessen in Einheiten p_0, so erhalten wir als Mannigfaltigkeit der möglichen Zustände genau wieder diejenige aller Impulsvektoren; und wir erhalten stets dieselbe Mannigfaltigkeit, einerlei, wie wir die z-Achse

gelegt und wie groß wir p_0 gewählt haben. Hätten wir aber z. B. mit einer fiktiven zwei- oder vierdimensionalen Mannigfaltigkeit von Impulsvektoren angefangen, so hätte die Komplementaritätslogik diese nicht reproduziert, sondern genau die dreidimensionale Mannigfaltigkeit geliefert.

In diesem Fall ist die Norm von ψ der Betrag des Impulses, hat also anschaulich nicht die Bedeutung einer Anzahl von Fällen, sondern gewissermaßen einer Intensität, die dem in der Grundfrage vorausgesetzten Ereignis zugeschrieben werden kann. Nach der jetzt vorgeschlagenen Auffassung liefert die Komplementaritätslogik in erster Stufe zu jeder möglichen Aussage die Möglichkeit einer solchen Intensität. Liefert eine höhere Stufe eine Beschränkung dieser Intensität auf ganzzahlige Werte, so kann man sie als Anzahl interpretieren. Durch zusätzliches Wissen kann man für den betrachteten experimentellen Fall alle Werte der betreffenden Anzahl außer dem Wert 1 ausschließen und so die der gestellten Grundfrage von Anfang gegebene Deutung nachträglich rechtfertigen.

Ähnliche Konsistenzüberlegungen kann man zum dritten Einwand machen. Eine lineare Wellengleichung bedeutet, wenn man sie quantelt, unabhängige Teilchen. Nur für ein unabhängiges Teilchen ist die zeitliche Änderung seines Zustandes eine Funktion eben dieses Zustandes allein. Nur in diesem Fall ist also die Frage nach dem zeitabhängigen Zustand eines einzelnen Teilchens eine wohldefinierte Alternative. Diese Frage aber wird in der Quantentheorie des Einteilchenproblems gestellt. Das heißt, die Grundfrage, die zur linearen Wellengleichung führt, ist nur dann sinnvoll, wenn wirklich eine lineare Wellengleichung gilt. Mehr als diese Konsistenz könnten wir nur zeigen, wenn wir uns auf die physikalische Frage der Zeitabhängigkeit der logisch möglichen Zustände einließen.

Ähnlich ist zum vierten Einwand zu sagen, daß einer reellen Wellenfunktion eben nicht alle vertrauten Grundfragen der klassischen Teilchenphysik entsprechen; so gibt es ja z. B. für Lichtquanten keinen Ortsoperator. Die Frage der Bedeutung dieser Wellenfunktionen würde wieder in die konkrete Physik führen.

9. *Probleme.*

Wir brechen hier ab und stellen nur noch einige unbeantwortete Fragen zusammen, die sich an das bisher Erörterte natürlich anschließen würden.

1. Welche elementaren Alternativen gibt es in der wirklichen Natur? Dies ist nur eine andere Art, nach „der richtigen Physik" zu fragen. Vielleicht trägt die Komplementaritätslogik zur Vereinfachung dieser Frage dadurch bei, daß die Konsistenzforderung den Bereich der überhaupt möglichen Theorien sehr einschränken dürfte. Dies führt zur nächsten Frage:

2. Was bedeuten die höheren logischen Stufen? Wir haben den Ausdruck „zweite Quantelung" gerechtfertigt; wenn unsere Deutung des dreidimensionalen Raumes im 8. Abschnitt richtig war, ist sie vielleicht eigentlich schon die dritte. Gibt es höhere Stufen und was könnten sie physikalisch bedeuten?

3. Welchen logischen Sinn haben die Stufen überhaupt? Zum Stufenaufbau nötigt uns die zirkuläre Komplementarität von klassischer und Komplementaritätslogik. Vielleicht enthält er sogar den ganzen Sinn der BOHRschen zirkulären Komplementarität zwischen klassischer Beschreibung und Wellenfunktionen; d. h., vielleicht beruht die von BOHR betonte Unentbehrlichkeit der klassischen Begriffe nur darauf, daß sie eine der klassischen Logik entsprechende Beschreibung des wirklichen Geschehens gestatten. Wenn diese zirkuläre Komplementarität unvermeidlich ist, so sieht es aus, als wären Logik und Physik grundsätzlich unvollendbar. Aber die Möglichkeit, die unendliche Folge der Stufen und den methodischen Sachverhalt der zirkulären Komplementarität zu denken, wirft die Frage auf, ob aus diesem Denken eine wissenschaftliche oder andersgeartete Einsicht in das Wesen dieses ganzen Vorgangs entstehen könnte.

4. Welche Logik gilt für allgemeine Aussagen? Alle unsere Metaaussagen sind kontingent; sie geben ja mögliche Zustände an. Unsere Stufen sind weder die RUSSELLschen Stufen, welche Prädikate von Prädikaten betreffen, noch sind sie die TARSKIschen Stufen derjenigen Metasprachen, in denen jeweils die mathematische Struktur der nächstniederen Stufe beschrieben wird. Da wir den Ursprung der Komplementaritätslogik in einer ontologischen Eigenschaft des „realen" Seienden vermuten, ist es a priori zweifelhaft, ob sie auch auf die „idealen" Gegenstände der Mathematik sinnvoll angewandt werden kann. Es ist die Frage, was Unentschiedenheit für eine allgemeine Aussage bedeuten könnte. Wenn eine allgemeine Aussage bewiesen ist, so gilt sie uns als wahr; wenn sie nicht bewiesen ist und wir zweifeln, ob sie wahr ist, so bedeutet der Satz „sie kann wahr oder falsch sein" doch etwas ganz anderes als für eine kontingente Aussage, bei der wir die Wahrheit und die Falschheit gelegentlich eintreten sehen. Wir müßten das Wesen der Allgemeinheit besser verstehen, um diese Fragen zu beantworten.

5. Besteht eine Beziehung der Komplementaritätslogik zum konstruktivistischen Standpunkt in der Mathematik? Der intuitionistische Zweifel am tertium non datur könnte diesen Gedanken nahelegen. Doch enthält keine mir bekannte Mathematik einen Begriff, der dem der Koexistenz entspricht; daher wird die Struktur der Komplementaritätslogik von der einer intuitionistischen Logik notwendig abweichen müssen. Versteht man unter mathematischer Konstruktion radikal die Herstellung von Figuren oder Zeichenreihen auf Papier, so hat man damit für das Konstruierbare stillschweigend die klassische Physik und ihre Logik und Ontologie vorausgesetzt. Unendliche Mengen können aber nicht durch explizite Konstruktion aller ihrer Elemente, sondern höchstens durch Vorschriften für die explizite Konstruktion irgendwelcher ihrer Elemente konstruktiv definiert werden. Es fragt sich, ob diese Vorschriften zwangsläufig sind oder aus einer vorweg bestehenden Auffassung vom Wesen des betreffenden mathematischen Gegenstandes stammen.

6. Was ist das Kontinuum? Die unter 5. genannten Fragen werden in der Mathematik vor allem am Problem des Kontinuums wichtig. Nun waren die erlebten Kontinua von Raum und Zeit früher da als die mathematische Auffassung des Kontinuums als überabzählbare Menge. Für den Physiker liegt die Vermutung nahe, es gebe objektiv „das" Kontinuum. Nachdem wir gesehen haben, daß die Komplementaritätslogik durch eine Kritik der Mengentheorie vermittels des

Begriffs der Koexistenz entsteht, liegt es nahe, die intuitionistische Frage, ob das Kontinuum überhaupt eine Menge im klassischen Sinn sei, durch eine Hypothese der Art zu erweitern, benachbarte Punkte seien koexistent. Von einer anderen Seite kämen wir an das Problem des Kontinuums heran, wenn die Struktur des Raumes der Physik selbst eine Konsequenz der Komplementaritätslogik wäre. Dann wäre vielleicht die Komplementarität das eigentliche Wesen des Kontinuums und die mathematische Analyse des Kontinuums eine Theorie über die möglichen Antworten auf die Metafrage.

7. *Kann man die Komplementaritätslogik aus einfacheren Voraussetzungen ableiten?* Wir haben sie einfach aus der heutigen Quantentheorie abgelesen. Ein Versuch, diese aus einfacheren Forderungen herzuleiten, ist z. B. die auf S. 546 zitierte Arbeit von Bopp. Man möchte wünschen, noch weiter zurückzugehen. Wenn z. B. die soeben ausgesprochenen Vermutungen über das Kontinuum richtig sind, so ist es zirkelhaft, die Wahrheitswerte durch komplexe Zahlen zu definieren, die ihrerseits die übliche Mathematik des Kontinuums voraussetzen.

10. Anhang.

Erläuterung einiger in der Quantenmechanik verwendeter mathematischer Begriffe.

Die Quantenmechanik bezeichnet die Gesamtheit der möglichen Zustände eines physikalischen Gegenstands als den *Zustandsraum*. Die Zustände heißen *Vektoren* in diesem Raum. Ihre Ausdrucksweise knüpft damit an die der Geometrie an. Wir vergegenwärtigen uns zunächst den geometrischen Sprachgebrauch.

Eine Größe, die durch einen Betrag und eine Richtung charakterisiert ist, also durch einen Pfeil dargestellt werden kann, heißt ein *Vektor*. Die momentane Geschwindigkeit eines Körpers oder die Lage eines Punkts relativ zu einem anderen Punkt sind Vektoren. Legt man ein Koordinatensystem in den dreidimensionalen Raum, so kann jeder Vektor durch drei Zahlen charakterisiert werden, seine *Komponenten* bezüglich der drei Koordinatenachsen.

Mit Vektoren kann man gewisse Operationen ausführen: *Addition zweier Vektoren und Multiplikation eines Vektors mit einer Zahl.* Bei der Addition setzt man die Pfeile aneinander, wie es aus dem Parallelogramm der Kräfte bekannt ist. Die Komponenten der Summe zweier Vektoren sind die Summen ihrer Komponenten. Bei der Multiplikation mit einer Zahl wird der Betrag mit dieser Zahl multipliziert, während die Richtung ungeändert bleibt. Alle Komponenten des Vektors multiplizieren sich dabei mit derselben Zahl. Man nennt diese beiden Operationen *lineare Operationen.* Aus einem einzigen Vektor kann man durch lineare Operationen alle die Vektoren bilden, die mit ihm in einer Geraden liegen, aus zwei nichtparallelen Vektoren alle die, die mit ihnen in einer Ebene liegen, aus drei nicht in einer Ebene liegenden Vektoren alle Vektoren des dreidimensionalen Raumes. Die Geraden und Ebenen heißen *lineare Unterräume* des dreidimensionalen Raumes; man sagt, sie werden von den Vektoren, aus denen sie durch lineare Operationen entstehen, *aufgespannt.*

Ein nichtlinearer Begriff ist das *innere Produkt* zweier Vektoren. Seien die Komponenten der beiden Vektoren (x_1, y_1, z_1) und (x_2, y_2, z_2), so ist ihr inneres Produkt $x_1 x_2 + y_1 y_2 + z_1 z_2$. Das innere Produkt eines Vektors mit sich selbst ist das Quadrat seiner Länge. Das innere Produkt zweier Vektoren ist proportional zum Cosinus des Winkels zwischen ihren Richtungen. Zwei Vektoren stehen senkrecht aufeinander (sind zueinander orthogonal), wenn ihr inneres Produkt Null ist. Begriffe, die mit Hilfe des inneren Produkts definiert sind, heißen *metrische* Begriffe.

Wählt man ein neues Koordinatensystem, z. B., indem man das Achsenkreuz dreht, so ändern sich die Komponenten der meisten Vektoren. Invariant gegen Drehungen sind die metrischen Begriffe. Die neuen Komponenten sind lineare Funktionen der alten; eine Drehung ist ein besonderer Fall eines *linearen Operators.* Ein Vektor, dessen Komponenten durch einen linearen Operator nicht geändert (oder nur mit einer festen Zahl multipliziert) werden, heißt ein Eigenvektor dieses Operators. Eigenvektor einer Drehung ist z. B. jeder Vektor, der in der Drehachse liegt.

Diese Begriffe lassen sich nun auf uneigentliche „Räume" verallgemeinern. Eine Gesamtheit von n Zahlen kann als Komponenten eines Vektors in einem *n-dimensionalen Raum* aufgefaßt werden. In einem solchen Raum spannen k Vektoren $(k < n)$ einen höchstens k-dimensionalen linearen Unterraum auf. Man kann ein inneres Produkt und damit Längen, Winkel, Senkrechtstehen usw. definieren, desgleichen lineare Operatoren. „Raum" ist hier also ein Name für eine Gesamtheit von Gegenständen geworden, die gewissen Gesetzen genügen.

Wenn die Quantenmechanik den n möglichen Antworten auf eine n-fache Frage je eine komplexe Zahl als „Wahrheitswert" zuordnet, so definiert sie damit einen n-dimensionalen Raum, dessen Vektoren komplexe Zahlen als „Komponenten" haben. Ein „Spinor" ist ein Paar komplexer Zahlen, also ein „Vektor in einem zweidimensionalen komplexen Raum". Sind u und v seine Komponenten, und bezeichnet u^* die zu u komplex konjugierte Zahl, so wird $u_1 u_2^* + v_1 v_2^*$ als das innere Produkt zweier Spinoren $(u_1 v_1)$ und $(u_2 v_2)$ bezeichnet. Die in Gl. (5) vorkommende Größe $u u^* + v v^*$ ist also das Quadrat der „Länge" von (u, v). Ein Vektor, dessen Länge den Wert 1 hat, heißt auf 1 normiert. Das innere Produkt zweier Zustandsvektoren mißt ihre Übereinstimmungswahrscheinlichkeit im Sinne der Quantenmechanik. Die Übereinstimmungswahrscheinlichkeit eines Zustands mit sich selbst ist 1; daher die Normierung.

Eine Funktion $\psi(x)$ ordnet jedem Wert des Arguments x eine Zahl ψ zu. Man kann also ψ als einen Vektor auffassen in einem Raum, der so viele Dimensionen besitzt, wie x mögliche Werte hat. Ist x eine gewöhnliche Zahlenvariable, die unendlich vieler Werte fähig ist, so ist $\psi(x)$ ein „Vektor in einem unendlich-dimensionalen Raum", dem sog. Hilbert-Raum. Es ist also dasselbe, ob man von ψ-Funktionen oder von Vektoren im Hilbert-Raum redet.

Eine meßbare Größe (eine „Observable") definiert also ein Koordinatensystem im Zustandsraum. Ihre möglichen Meßwerte sind ja Antworten auf die Frage: „Welchen Wert hat diese Größe?" Ihre komplexen Wahrheitswerte sind die Komponenten des Zustands-

vektors. Ein Zustandsvektor, der zu einem festen Wert einer Observablen gehört, hat für diesen Wert die Komponente 1, für alle anderen Werte die Komponenten 0, er heißt Eigenvektor dieser Observablen. Die Eigenvektoren definieren also gleichsam die Achsen des betreffenden Koordinatensystems; man sagt, in diesem Koordinatensystem sei die es definierende Observable „auf Hauptachsen gebracht". Zwei Observable, die nicht dasselbe Koordinatensystem definieren, sind zueinander komplementär; sie bezeichnen komplementäre Alternativen.

Es seien noch die in Abschnitt 7 benutzten mengentheoretischen Begriffe erläutert. Sind M und N zwei Mengen, so heißt die Menge der Elemente, welche in M und in N enthalten sind, der Durchschnitt von M und N, die Menge der Elemente, die wenigstens in M oder N enthalten sind, ihre Vereinigungsmenge. Ist M eine in N völlig enthaltene Menge, so heißt sie eine Teilmenge von N; die Elemente von N, die nicht in M enthalten sind, bilden die Komplementmenge von M.

Max-Planck-Institut für Physik, Göttingen.

Eingegangen am 20. Juli 1955.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich.

Eine kurze Herleitung des Strömgrenradius.

1. Das interstellare Gas, hauptsächlich aus Wasserstoff bestehend, ist im Innern der Strömgrensphäre praktisch vollständig ionisiert. Ist i die Anzahl der je Sekunde ausgestrahlten Photonen jenseits der Lymangrenze $\lambda_g = 0{,}91 \cdot 10^{-5}$ cm, i' die Anzahl der Rekombinationen je Sekunde innerhalb der bereits ionisierten Kugel vom Radius s, so bleiben für die Ionisation der anschließenden Kugelschale mit $4\pi s^2 ds \cdot n_H$ H-Atomen $(i - i')\,dt$ Photonen übrig. Die Wellenlänge λ_m maximaler Emission nach dem WIENschen Gesetz liegt für O-B5-Sterne nahe bei λ_g; die Annahme erscheint so plausibel, daß jedes Photon im Durchschnitt jeweils zu einer einfachen Ionisation führt, was übrigens auch B. STRÖMGREN in seiner ersten Arbeit[9]) näher begründet. Der Rekombinationskoeffizient Proton-Elektron ist bei der Temperatur 8000° K der HI-Gebiete nach L. SPITZER[8]) $\gamma = 5 \cdot 10^{-13}$ cm³ sec⁻¹ und ergibt γn_H^2 Rekombinationen je Kubikzentimeter und Sekunde. Unter Voraussetzung homogener Dichte wird

$$4\pi s^2 ds \cdot n_H = (i - \tfrac{4}{3}\pi s^3 \cdot \gamma n_H^2)\, dt.$$

Der *Radius* s_0 der HII-Sphäre folgt aus der Bedingung $ds/dt = 0$; die angeschriebene Energiebilanz ergibt natürlich Übereinstimmung mit dem STRÖMGRENschen Resultat, erhalten aus der thermodynamischen Ionisationsgleichung durch die Bedingung rasch auf 0 abfallenden Ionisationsgrades bei $s = s_0$:

$$s_0 = (3i/4\pi\gamma)^{\frac{1}{3}}\, n_H^{-\frac{2}{3}}, \tag{1}$$

die Ausdehnungsgeschwindigkeit der Ionisationsfront ist

$$ds/dt = \frac{i}{4\pi\, n_H\, s^2}\,(1 - s^3/s_0^3).$$

(Hydrodynamische Effekte wie der Druck des angrenzenden HI oder einer Schockfront sind dabei nicht berücksichtigt; die Dichte muß also klein gegen den von KAHN[3]) angegebenen kritischen Wert sein, bei $O5$ also $n_H \ll 2300$, bei $B0$ $n_H \ll 220$ cm⁻³). Die Ionisationsfront erreicht der Grenze s_0 nahe benachbarte Gebiete in sehr kurzer Zeit

$$T = (\gamma\, n_H)^{-1} \ln (1 - s^3/s_0^3)^{-1},$$

z. B. $s = 0{,}9$ bzw. $0{,}99\ s_0$ in 8,3 bzw. $22 \cdot n_H^{-1} \cdot 10^4$ Jahren.

2. O-Sterne finden sich in der Regel in Gesellschaft dichter Gasnebel. Die Lebensdauer interstellarer Körner beträgt im HII-Gebiet etwa 10^6 Jahre[11]), so daß im Hinblick auf das geringe Alter der O-Sterne und umgebenden HII-Gebiete[5]) auch in deren Innerem mit *Absorption* durch Dunkelmaterie gerechnet werden muß. In der Tat läßt sich die Anwesenheit von Staub in Emissionsnebeln wahrscheinlich machen[7]). Diejenigen schwach absorbierenden Teilchen, welche VAN DE HULST[10]) als am meisten wahrscheinlich betrachtet, ergeben den photographischen Extinktionskoeffizienten

$$K_{pg} = 0{,}243\, \varrho_s/\varrho_g \cdot \mu\, n_H \quad [m/p\,c];$$

das Verhältnis von Staub- und Gasdichte schätzte er theoretisch zu 1/300 ab, das mittlere Molekulargewicht des Gases ist $\mu = 1{,}6$[1]). Im Lymankontinuum ist der Absorptionskoeffizient $a_{\lambda g}$ etwas kleiner als K_{pg}. Mit $i \cdot 10^{-0{,}4\, a_{\lambda g} s_0}$ statt i ist nun s_0 aus einer transzendenten Gl. (1) zu bestimmen; Elemente mit höherem Ionisationspotential wie N, O, He verkleinern s_0 weiter. Beim Orionnebel erhielt v. HOERNER[2]) turbulenztheoretisch $\overline{K}_{pg} = 7{,}75$ und jedenfalls $> 2{,}7$, wobei auf dynamischem Wege $\overline{\varrho}_g = 2{,}3 \cdot 10^{-21}$ ermittelt wurde[6]), so daß für die Hauptmasse (HI) im Durchschnitt $\varrho_g/\varrho_s = 43$ und jedenfalls < 120 folgt.

Durch Absorption mag es sich auch erklären, daß die aus der Flächenhelligkeit von Emissionsnebeln im roten Spektralbereich ($H\alpha$, $H\beta$) entnommenen Dichtewerte allgemein kleiner sind als die aus s_0 berechneten, z. B. NGC 2244 mit $n_H = 13{,}5$[4]) bzw. zu den anregenden Sternen aus der Tabelle bei KAHN[3]) ermittelt $n_H = 37$. Betrachtet man $n_H = 13{,}5$ als wahre Elektronendichte, so erhält man hieraus $\varrho_s/\varrho_g = 1/50$. Diese Bestimmung von ϱ_s/ϱ_g ist empfindlich vor allem gegen Änderungen des in i eingehenden Sternradius.

München, Universitäts-Sternwarte.

Eingegangen am 30. Juli 1955. THEODOR SCHMIDT.

[1]) DUFAY, J.: Nébuleuses galactiques, S. 404. Paris 1954.
[2]) HOERNER, S. v.: Z. Astrophysik **30**, 17 (1951).
[3]) KAHN, F. D.: Bull. Astr. Inst. Netherl. **12**, 187 (1954).
[4]) MINKOWSKI, R.: Symposium, S. 3. Cambridge 1955.
[5]) OORT, J. H.: Bull. Astr. Inst. Netherl. **12**, 177 (1954).
[6]) PARENAGO, P. P.: Astronom. J. SSSR. **30**, 249 (1953).
[7]) SHAJN, G. A., V. TH. HASE u. S. B. PICKELNER: Colloque Intern. (Liège), S. 441. 1955.
[8]) SPITZER, L.: Astrophysic. J. **107**, 6 (1948); **120**, 1 (1954).
[9]) STRÖMGREN, B.: Astrophysic. J. **89**, 526 (1938); **108**, 242 (1948).
[10]) HULST, H. C. VAN: Recherch. Utrecht **11**, 2 (1949).
[11]) ZIRIN, H.: Harv. Bull. **1952**, 921.

Schallfeldbilder auf Pigmentpapieren.

Bekannt ist die Tatsache, daß sich auf photographischen Schichten, die innerhalb bestimmter Entwicklerlösungen beschallt werden, Schallbilder erzeugen lassen. Bei vorliegender Untersuchung wurde nun festgestellt, daß auch Pigmentpapiere, die lediglich aus einer ungehärteten Gelatineschicht unter Beimischung unlöslicher Farbpigmente bestehen, zur Erzeugung von Schallbildern herangezogen werden können. Es wurde gefunden, daß solche Schichten, wie sie z. B. als Übertragungsmittel im Kupfertiefdruckverfahren Verwendung finden, in einer 0,001 % igen Kaliumpermanganatlösung unter dem Einfluß von Ultraschall gehärtet werden, daß also an Stelle der bekannten „Licht"-Gerbung hier eine „Schall"-Gerbung auftritt. Der Effekt kann, wie Fig. 1 zeigt, zur bildlichen Darstellung durchschallter Gegenstände bzw. zur Abbildung von Schallfeldern (Interferenzstreifen) herangezogen werden. Fig. 1 zeigt als Positiv ein Kreuz, welches

Fig. 1. Kreuz auf Pigmentpapier (vergrößert, Positiv). Linsenabbildung 1:1. $J = 1$ W/cm²; $t = 5$ min; $\nu = 2{,}7$ MHz; $KMnO_4$ 0,001 %; Lösung schwach gerührt.

schalloptisch auf die Papierfläche projiziert wird. Beim Versuch wurde die Lösung schwach gerührt, um Schlierenbildungen zu vermeiden. Wie man andeutungsweise sieht, treten aber doch noch schwache, im Schwerefeld nach unten gerichtete Schlieren auf, welche nicht von Erwärmungseffekten herrühren können. Offenbar sind hierfür die bei der Reduktion des $KMnO_4$ bis zum MnO_2 auftretenden Zwischenstufen verantwortlich, da MnO_2 allein nicht gerbend wirkt.

In ähnlicher Weise ließ sich die Schallgerbung auch in anderen oxydierenden Lösungen erreichen, so in Kaliumbichromat, auch bereits in Leitungswasser, welches schwach chlor- oder bromhaltig war. Die besten Resultate jedoch wurden mit Kaliumpermanganat erreicht. Bei einer Beschallungszeit von 5 min wurde eine gut meßbare Färbung des Pigmentpapiers bereits bei 0,25 W/cm² Schallintensität erreicht bei einer Frequenz von 1,4 MHz. Bei 1,5 W/cm² wird die Gelatine durch Wärmewirkung stellenweise zerstört. Es sei erwähnt, daß bereits ERNST und GUTHMANN[1]) sowie GOURLAY[2]) ähnliche Effekte beim Gerben von Häuten fanden. Sie konnten eine wesentliche Beschleunigung des Gerbprozesses bei Beschallung feststellen.

Jena, Technisch-Physikalisches Institut der Friedrich-Schiller-Universität.

A. ECKARDT und D. FINTELMANN.

Eingegangen am 13. August 1955.

[1]) ERNST, L., u. F. GUTMANN: J. Soc. Leather Trades' Chemists **34**, 454 (1950).
[2]) GOURLAY, P.: Rev. Techn. Ind. Cuir. **43**, 179 (1951).

Dehnung von Zink-Kristallen unter Ultraschalleinwirkung.

Es wurden Spannungs-Dehnungskurven von Zn-Einkristalldrähten, die nach einem Ziehverfahren[1]) aus der Schmelze (99,995%) hergestellt worden waren, mit einem POLANYI-Apparat[2]) aufgenommen, wobei die Kristallproben (Ausgangsquerschnitt A.Q. 0,06 bis 0,28 mm²) als Ganzes in ein Bad von Tetrachlorkohlenstoff eintauchten, das seinerseits derart einem Ultraschallfeld (800 kHz, ~1 W/cm²) ausgesetzt werden konnte, daß die Schallwellen den Kristall von unten her

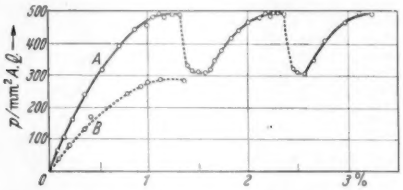


Fig. 1. Anfangsteile von Spannungs-Dehnungskurven. (Verformungsgeschwindigkeit $2 \cdot 10^{-5}$ sec^{-1}.) Abszisse: Dehnung in %. Ordinate: Spannung in pond/mm² Anfangsquerschnitt. ——— Ohne, --------- mit Ultraschall.

(longitudinal) durchsetzen. Das Diagramm (Fig. 1) soll als charakteristisches Beispiel aus mehreren Meßreihen die Einwirkung des Ultraschalls an einem Kristall mit einer Ausgangsorientierung von 68° zwischen Proben- und hexagonaler Achse zeigen. Die punktierten Kurventeile beziehen sich auf Verformungen unter gleichzeitiger Einwirkung des Ultraschalls, die voll ausgezogenen auf solche ohne diesen. Wird nach Überschreiten der Streckgrenze das Schallfeld eingeschaltet, so sinkt die Spannung um etwa 40% ab, um nach Abschalten des Feldes wieder auf den ursprünglichen Wert anzuwachsen, ein Vorgang, der sich am selben Kristall wiederholt durchführen läßt (Kurvenzug *A*). Führt man die Verformung, bereits von der Spannung 0 ausgehend, unter Ultraschall durch, so verläuft die Kurve viel flacher (*B*) und scheint wieder demselben Wert zuzustreben, wie er dem vorhin beschriebenen Versuch *A* entspricht. Zeitliches Vertauschen von *A* und *B* ändert den Kurvenverlauf nicht wesentlich. Eine infolge der Beschallung verursachte geringe Temperaturerhöhung des Flüssigkeitsbades hat, wie nachgewiesen werden konnte, nur untergeordneten Einfluß auf den Kurvenverlauf.

Erwähnt sei noch, daß der Einschaltstoß besonders stark zur Auswirkung kommt: beläßt man beispielsweise die Probe unter einer bestimmten Spannung, so bewirkt der Einschaltvorgang ein Absinken auf einen Spannungswert, der sich auch nach länger anhaltender Schalleinwirkung kaum mehr ändert; läßt man hingegen den Schall intermittierend einwirken, so verursacht hierbei jedes neuerliche Einschalten ein zusätzliches Absinken, bis sich schließlich ein um etwa 10% niedrigerer Spannungswert als vorhin einstellt.

Der Grund für die Herabsetzung der kritischen Schubspannung, die das Einsetzen ausgiebiger Translation kennzeichnet, sowie für die weitere Verformung unter verminderter Spannung bei Einwirkung des Ultraschalls dürfte wohl in der zusätzlichen Energie zu suchen sein, die der Ultraschall sowohl zur Erzeugung von Versetzungen als auch deren Wandern bei Translation liefert.

Ein vollständiger Bericht über diese Untersuchungen wird an anderer Stelle veröffentlicht werden. Wir danken der Firma Siemens-Reiniger für leihweise Überlassung eines Ultraschallgerätes.

II. Physikalisches Institut der Universität, Wien.

F. BLAHA und B. LANGENECKER.

Eingegangen am 23. Juli 1955.

[1]) MARK, H., M. POLANYI u. E. SCHMID: Z. Physik **12**, 58 (1922).
[2]) POLANYI, M.: Z. techn. Physik **6**, 121 (1925).

An Electrochemical Study of Faults or "Lockerstellen" in Condensation Polymers.

Faults or "Lockerstellen" are likely to develop in condensation polymers owing to a failure of the monomeric units to attack each other at all possible points on spatial grounds even when sufficient quantities of the monomers are present to give a fully cross-linked structure[1]). No simple method, however, appears to exist for detecting these faults, much less, for determining their frequency of occurrence. Working with aromatic polymers, we have recently been able to obtain electrochemical criteria which seem to answer both these

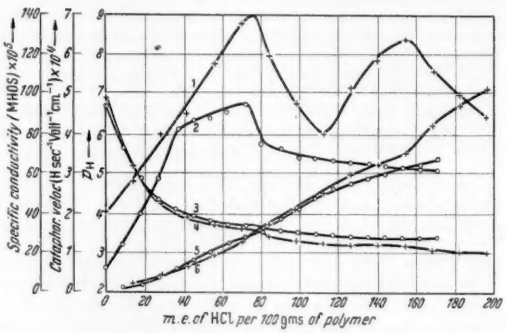


Fig. 1. Aniline formaldehyde: 2, cataphoretic velocity (units: cm · sec^{-1} · Volt^{-1} · cm^{-1}), 3, p_H; 5, specific conductivity. — M-phenylenediamine formaldehyde: 1, cataphoretic velocity; 4, p_H; 6, specific conductivity.

purposes, the only necessary condition being that the aromatic nucleus should contain at least one weakly or moderately ionisable acidic or basic group.

Assuming that complete cross-linkage had taken place, a structural, or, repeat unit could be envisaged in each polymer; phenol formaldehyde, for instance, would contain the repeat unit, $C_6H_2(OH)(CH_2)_{1.5}$. The p_H-titration curve of an aqueous suspension of each finely ground polymer showed a pronounced inflexion which corresponded approximately with the total quantity of acidic or basic group in a given weight of the polymer as calculated from the formula of its repeat unit.

What was more important for our purpose, titration of each polymer with a dilute base or acid yielded *additional* inflexions indicating only a small fraction of the total quantity of acidic or basic group in the polymer. The number of additional inflexions was, in every case, the same as the number of acidic or basic groups present per benzene nucleus. Aniline formaldehyde for instance, showed one additional inflexion while two such inflexions were found with metaphenylene diamine formaldehyde (fig. 1). One, two and three additional inflexions were obtained, respectively, with phenol formaldehyde, catechol formaldehyde and phloroglucinol formaldehyde.

The cataphoretic velocity (C. V.) of the polymer particles when plotted against the added (dilute) acid or base, showed a maximum corresponding with each additional inflexion; the conductometric titration curves showed corresponding breaks (fig. 1).

The additional inflexions occurred at p_H values which, in the case of acidic and basic polymers were, respectively, lower and higher than the p_H at the final inflexion giving the total quantity of acidic or basic groups in the polymer. These additional inflexions, therefore, indicate the neutralisation of acidic or basic groups which have an apparently stronger acidic or basic character than similar other groups present in the polymer. We believe that the "stronger" acidic or basic groups belong to benzene nuclei which have not been fully cross-linked and, in this sense, cause faults or Lockerstellen in the structure. The fact that the number of additional inflexions is the same as the number of acidic or basic groups per benzene nucleus, shows that each such inflexion stands for the neutralisation of one strong acidic or basic group in the "fault-bearing" benzene nucleus. Also, for this reason, the amounts of acid or base neutralised at successive additional inflexions of metaphenylene diamine formaldehyde (fig. 1), for instance, gave 80 and 160 milliequivalents of base per 100 gms. of the polymer. The first, second and third additional inflexion of phloroglucinol formaldehyde gave, respectively, 55, 110 and 165 milliequivalents of phenolic hydrogen. With a given polymer, these values were found to be independent of the particle-size.

In the light of the above significance of the additional inflexions, they, together with the corresponding C.V.-maxima and conductometric breaks, reveal the faults in the structures. As a measure of the frequency of occurrence of these faults, one can take the ratio of the total quantity of acid or base in the polymer, as obtained from the final inflexion, to the amount of acid or base neutralised at the last additional inflexion. 100 gms. of meta-phenylene diamine formaldehyde, for example, contained 1235 milliequivalents of basic groups. Since the second additional inflexion yielded 160 milliequivalents of basic groups (fig. 1), faults occurred in this polymer with a frequency equal to 1235/160, i.e. 8. In other words, one in every 8 benzene nuclei in the polymer was not fully cross-linked.

Details and fuller discussion of results will be published elsewhere.

Department of Chemistry, Delhi University, Delhi-8, India.
R. P. Mitra and S. S. Dube.

Eingegangen am 2. August 1955.

[1]) Houwink, R.: Trans. Faraday Soc. **32**, 122 (1936).

Über die irreversible Adsorption von Farbstoffen an Ionenaustauschern.

Ähnlich wie viele andere Makromolekeln lassen sich auch Ionenaustauscher mit Farbstoffen irreversibel anfärben. Das Aufnahmevermögen der Harze ist zum Teil sehr beträchtlich; 1 g lufttrockenes stark basisches Dowex 2 adsorbiert aus 2 n Natronlauge etwa 500 mg Naphtolorange oder 600 mg Indigodisulfonat, 1 g lufttrockenes stark saures Dowex 50 aus 2 n Salzsäure 600 mg Kristallviolett. Bei der Adsorption verschiedener Farbstoffe aus 2 n-Natronlauge bzw. -Salzsäure fanden wir die in Tabelle 1 wiedergegebenen Werte.

Tabelle 1.

Farbstoff	Austauschharz	Aufgenommen mg
Naphtholorange	Dowex 2 stark bas.	99,6
Thymolblau	Dowex 2 stark bas.	58,0
Indigodisulfonat	Dowex 2 stark bas.	100,0
Indigotetrasulfonat . . .	Dowex 2 stark bas.	100,0
Thymolphthalein . . .	Dowex 2 stark bas.	40,0
Alizarin	Dowex 2 stark bas.	99,8
Naphtholorange	Dowex 3 (schwach bas.)	26,0
Thymolblau	Dowex 3 (schwach bas.)	8,0
Thymolphthalein . . .	Dowex 3 (schwach bas.)	10,0
Methylenblau	Dowex 50 (stark sauer)	98,2
Kristallviolett	Dowex 50	99,8
Kristallviolett	Amberlite IRC 50	99,4

Zur Ermittlung der Zahlenwerte schüttelten wir 2 g lufttrockenes Harz mit 100 mg Farbstoff in 20 ml Säure oder Lauge unter Stickstoffatmosphäre über Nacht. Die Flüssigkeit wurde nach Neutralisation kolorimetriert. Visuell fielen die Unterschiede in der Färbung viel stärker auf als die oft relativ kleinen Zahlenunterschiede in Spalte 3 der Tabelle 1. Wie erwartet, findet man Parallelität zwischen Adsorptionsvermögen und Basizität des Austauschers. Dagegen ließ sich keine klare Abhängigkeit zwischen Adsorptionsvermögen und Vernetzungsgrad von Dowex 1 erkennen.

Irreversible Adsorbate von Indikatorfarbstoffen eignen sich gut, um den Erschöpfungszustand des Harzes kenntlich zu machen. Für basische Austauscher dienen Indikatoren mit einem Umschlag bei p_H 9 bis 10 wie Thymolblau oder Thymolphthalein in einer Konzentration von etwa 100 mg/Liter Harz. Saure Austauscher adsorbieren nicht ganz so irreversibel, der Indikator wird leicht spurenweise ausgewaschen. Man nimmt am besten wasserunlösliche Indikatoren mit einem Umschlag bei p_H 1 bis 2. Da der Farbumschlag an den tiefbraun gefärbten Polystyrolsulfonsäure-Austauschern nicht deutlich herauskommt, empfiehlt es sich, den Austauscher vorher zu bleichen[1]), was ohne Beeinträchtigung der Kapazität möglich ist. Man schwemmt ein Vol. Kationenaustauscher (Lewatit S 100, Permutit RS, Amberlite IR 120, Dowex 50, Chempro C 20 o. a.) im selben Vol. 0,5 n Natronlauge auf und leitet unter gelegentlichem Umrühren Chlor ein, bis das Harz maisgelb aussieht. Man wäscht gründlich mit Wasser, dann mit 2 n Salzsäure und Wasser, saugt trocken, schwemmt in Methanol auf und versetzt unter Umrühren mit einer Lösung 400 mg o-Aminoazotoluol in 20 ml Methylglykol für 1 Liter Harz.

Adsorbate von Redoxfarbstoffen sind Elektronenaustauscher, wie schon B. Sansoni[2]) gezeigt hat. Die Verwendung von Indigosulfonaten und anderen sauren Redoxfarbstoffen in Verbindung mit basischen Harzen hat gegenüber dem von Sansoni vorgeschlagenen Adsorbat von Methylenblau an Kationenaustauschern einige Vorteile: die Adsorption ist vollständig irreversibel, die Indizierung außerordentlich deutlich, die verschiedenen Indigosulfonate geben eine bequeme Möglichkeit, das Redoxpotential des Elektronenaustauschers zu variieren.

Indigodisulfonat-Adsorbat wird durch Schütteln gleicher Gewichtsmengen Dowex 2 mit Farbstoff in der zehnfachen Menge 2*n*-Natronlauge unter Stickstoff erhalten. Man wäscht kurz mit Wasser, führt das Harz mit verdünnter Salzsäure in die Chloridform über und wäscht neutral. Durch Schütteln des Elektronenaustauschers mit verdünntem Natriumdithionit wird die Reduktion unter Gelbfärbung herbeigeführt. Das gewaschene Präparat kann beispielsweise in einer Säule durchströmendes Wasser so weit von Sauerstoff befreien, daß die charakteristische Sauerstoffstufe im Polarogramm nicht mehr zu sehen ist. Die fortschreitende Erschöpfung des Harzes gibt sich durch den Farbumschlag nach Schwarzblau zu erkennen.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die Überlassung von Sachbeihilfen.

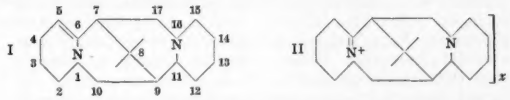
Institut für Virusforschung, Heidelberg (Leiter: Dir. Dr. G. A. Kausche).
N. Grubhofer.

Eingegangen am 13. August 1955.

[1]) Ich verdanke diesen Hinweis Herrn R. Skidmore von der Dow Chemical Comp., Midland, Michigan USA.
[2]) Sansoni, Br.: Naturwiss. **39**, 218 (1952).

Zur Kenntnis des Dehydrosparteins „Winterfeld".

Bei der Einwirkung von Mercuriacetat auf Spartein in der Kälte erhielt K. Winterfeld[1]) ein Dehydrospartein (I), dessen Doppelbindung wir nunmehr zwischen C_5 und C_6 festlegen konnten. Dabei ließ sich auch die von K. Winterfeld geäußerte Vermutung bestätigen, daß I, Kp. 143°/1 mm, $[\alpha]_D = -179°$ (Methanol), über eine quartäre Ammoniumform (II) entsteht. Das Bisulfat von I, Schmp. 217 bis 219° $[\alpha]_D = +72{,}98°$ (Wasser), wird aus II gebildet: $C_{15}H_{28}N_2O_8S_2$ (428). Ber.: C 42,06 H 7,07 N 6,54 S 14,95; gef.: C 42,33 H 6,59 N 6,55 S 15,32. Im IR-Spektrum von II ließ sich bei 5,93 μ = 1688 cm^{-1} eine C=N-Doppelbindung nachweisen. Erhalten wurde außerdem ein Goldsalz, Schmp. 151 bis 152°, und ein Pikrat, Schmp. 146 bis 147°.



Die starke Änderung des Drehwertes von I gegenüber Spartein ($[\alpha]_D = -16°$) läßt sich dadurch erklären, daß das asymmetrische C-Atom bei C_6 verschwunden ist. Die Rehydrierung von I führt zu l-Spartein. Nur bei Neuzutritt

von Wasserstoff an C_6 bildet sich l-Spartein, bei C_{11} entsteht l-α-Isospartein[2]). II ließ sich mit GRIGNARD-Verbindungen zu den entsprechenden Alkylsparteinen umsetzen. Dargestellt wurden: Methylspartein, Kp. 144°/1 mm, Schmp. 80°, $C_{16}H_{28}N_2$ (248). Ber.: C 77,41 H 11,29 N 11,29; gef.: C 77,33 H 11,23 N 11,14. Dipikrat Erw. Pkt. 117 bis 119°, Goldsalz Zers. Pkt. 147 bis 148°, Quecksilbersalz Erw. Pkt. 168°.

Äthylspartein, Kp. 120 bis 122°/0,1 mm, Dipikrat Erw. Pkt. 110 bis 112°, $C_{29}H_{46}N_8O_{14}$ (720). Ber.: C 48,34, H 5,00, N 15,56, O 31,11; gef.: C 48,52, H 5,15, N 15,41, O 30,96. Quecksilbersalz Erw. Pkt. 230 bis 232°, Goldsalz Zers. Pkt. 157 bis 159°.

Die Verbindungen unterscheiden sich im Schmp. von den entsprechenden C_2-Alkylsparteinen, die K. WINTERFELD und E. HOFFMANN[3]) bei der Grignardierung von Lupanin erhalten hatten. Danach kann die C=N-Doppelbindung nur zwischen N_1 und C_6 gelegen haben, und es können nur C_6-Alkylsparteine entstanden sein. Eine C=N-Doppelbindung zwischen N_1 und C_2 hätte zu C_2-Alkylsparteinen geführt. Eine C=N-Doppelbindung zwischen N_1 und C_{10} scheidet aus, da sie nicht in eine C=C-Bindung umschlagen kann[4]).

Über die Einzelheiten wird an anderer Stelle berichtet.

Pharmazeutisches Institut der Universität, Bonn.

MELANIE RINK und HANS JOACHIM GROEBEL.

Eingegangen am 10. August 1955.

[1]) WINTERFELD, K.: Arch. Pharmaz. Ber. dtsch. pharmaz. Ges. **266**, 299 (1928).

[2]) LEONARD, N. J., u. R. E. BEYLER: J. Amer. Chem. Soc. **72**, 1316 (1950). — MARION, L., u. N. J. LEONARD: Canad. J. Chem. **29**, 297 (1951).

[3]) WINTERFELD, K., u. E. HOFFMANN: Arch. Pharmaz. Ber. dtsch. pharmaz. Ges. **275**, 5 (1937).

[4]) BREDT: Liebigs Ann. Chem. **437**, 1 (1924).

Zum Chemismus der polarographischen Reduktion des Ninhydrins.

Über die Polarographie des Ninhydrins liegt bereits eine Arbeit von VLČEK, ŠPALEK und KRÁTKÝ[1]) vor. Diese Autoren untersuchten das Verhalten in Phosphat- und Boratpuffern, machten Angaben über die analytische Bestimmungsmöglichkeit, wofür sie die besonderen Verhältnisse in Boratpuffern empfehlen, und führten Veränderungen in den Stromspannungskurven bei steigenden p_H-Werten auf eine fortschreitende Hydratisierung der reduzierbaren Ketogruppen zurück.

Da Borationen mit Ninhydrin reagieren und dann veränderte Polarogramme erhalten werden, sich ferner zeigen läßt, daß alkalisch gemachte Lösungen nach Wiederansäuern

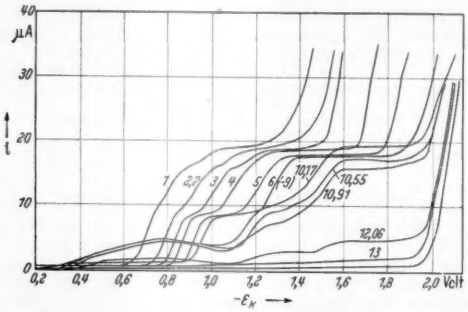
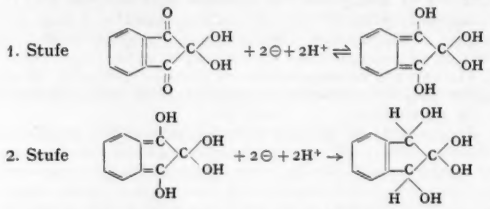


Fig. 1. Stromspannungskurven von Ninhydrin bei p_H 1—13. ε_K gegen ges. Kalomel. (25 °C).

keine Reduktionsstufen mehr ergeben, also irreversible Veränderungen an der Ninhydrinmolekel unter Einwirkung der OH-Ionen auftreten, welche nicht durch Hydratation zu erklären sind, stellten wir Untersuchungen in einem weiten p_H-Bereich in boratfreien Elektrolytlösungen an. In Fig. 1 sind Polarogramme von 0,002 m Ninhydrin in verschiedenen Pufferlösungen (nach MAC ILVAINE Natr. phosphat-Citronensäure, KOLTHOFF Natr. carbonat-Salzsäure, RINGER Natr. Hydroxyd-Natr. phosphat, BRITTON und WELFORD Kaliumphosphat-Natr. Hydroxyd) sowie für den extrem sauren und alkalischen Bereich in 0,1 n Perchlorsäure und 0,1 n Natriumhydroxyd aufgenommen, wiedergegeben. Im sauren Bereich zeigt sich das folgende Bild: Die insgesamt 4-elektronige Reduktion der beiden nichthydratisierten Ketogruppen teilt sich in ungleichartige Stufen auf. Es handelt sich nicht um eine aufeinanderfolgende Reduktion dieser beiden Gruppen. Dies geht sowohl aus dem unterschiedlichen Stufencharakter als auch aus der verschiedenen p_H-Abhängigkeit der Halbstufenpotentiale hervor. Während die erste Stufe eine Abhängigkeit von 59 mV/p_H-Einheit zeigt, weist die zweite, bei wesentlich negativerem Potential liegende Stufe eine größere Verschiebung auf. Die erste Stufe zeigt ferner bei einer Steilheit für einen 2-elektronigen Elektrodenprozeß die Kriterien einer reversiblen Reduktion, die folgenden Stufen — bei niederen p_H-Werten treten zwei Folgestufen auf — zeigen dagegen einen stark irreversiblen Reaktionsverlauf an.

Die Teilreduktion unter Aufnahme zweier Elektronen und Beteiligung zweier H-Ionen führen wir zurück auf ein Primärprodukt mit chinoider Struktur, welches irreversibel über 2 *e* weiterreduziert wird. Die Prozesse für diese beiden Schritte lassen sich für den sauren Bereich wie folgt formulieren:



Im alkalischen Bereich, bei p_H-Werten > 9, treten zeitliche Veränderungen auf, die mit einer intermediär auftretenden Gelbfärbung der Lösung einhergehen. Die Stromspannungskurven, die somit vom Zeitpunkt der Aufnahme abhängen, sind in diesem Gebiet zur analytischen Bestimmung des Ninhydrins ungeeignet, sie lassen sich jedoch zur Verfolgung der Kinetik der Ninhydrinzersetzung nutzen. Darüber soll demnächst berichtet werden.

Nach RUHEMANN[2]) bildet sich bei Einwirkung von Alkalihydroxyd auf Ninhydrin über Phenylglyoxal-o-carbonsäure und ein weiteres bei diesen Untersuchungen aufgetretenes blau gefärbtes Zwischenprodukt das Salz der o-Carboxymandelsäure. Die zeitlich veränderlichen polarographischen Stufen lassen sich unter Zugrundelegung einer solchen Umsetzung zuordnen. Die Reaktion wird offenbar durch eine Dissoziation der Ninhydrinmolekel eingeleitet:

Das als Zwischenprodukt auftretende Phenylglyoxal-o-carboxylat (B), dem die Gelbfärbung zuzuschreiben ist, wird wie das Ninhydrin in einem 4-elektronigen Gesamtprozeß reduziert. Die Reduktion der einen Ketogruppe erfolgt schon bei sehr positivem Kathodenpotential, und diese „Vorstufe" gibt ein Maß für das jeweils in Lösung vorhandene (B). Die Bildung des polarographisch inaktiven Endprodukts (D) ist an dem Absinken der Gesamtstufenhöhe zu erkennen und zu verfolgen.

Department of Physical Chemistry, Cairo-University, Cairo-Giza.

L. HOLLECK, S. E. KHALAFALLA und A. M. SHAMS EL DIN.

Eingegangen am 19. August 1955.

[1]) VLEČK, A. K., E. ŠPALEK u. L. KRÁTKÝ: Coll. Czech. Chem. Comm. **15**, 340 (1950).

[2]) RUHEMANN, S.: J. Chem. Soc. **97**, 2025 (1910).

Papierchromatographische Auftrennung eines Schlangengiftes (Vipera ammodytes mont.).

Zur Auftrennung von Proteingemischen haben bisher überwiegend die Methoden der Elektrophorese und der fraktionierten Fällung mit Äthanol oder Neutralsalzen Anwendung gefunden. Wenn es auch mit diesen Methoden möglich war,

manche Schlangengifte in mehrere Komponenten mit verschiedener biologischer Wirksamkeit zu zerlegen, so gelang es unseres Wissens bisher nicht, auf diesem Wege eine wirklich scharfe Trennung der einzelnen Fermentaktivitäten zu erreichen. Zudem war die so erfolgte Auftrennung meistens mit einem erheblichen Aktivitätsverlust der gewonnenen Fraktionen verbunden. — Die wichtigste Voraussetzung für eine papierchromatographische Auftrennung der Schlangengifte ist die Auffindung eines geeigneten Lösungsmittels. Auf Grund zahlreicher Vorversuche mit den verschiedensten Lösungsmittelgemischen erwies sich ein Gemisch aus Phosphat-Citratpuffer nach McIlOAINE vom p_H 3,5, n-Propanol und Wasser im Verhältnis 5:3,5:1,5 für Viperngifte als geeignet.

Methodisches: Auf Schleicher & Schüll-Papier 2043a wurden 3 mg Frischgift (etwa 1 mg Protein) bzw. 1 mg Trockengift in 0,05 cm³ NaCl 0,9%ig aufgetragen und mit einem Gemisch aus McILOAINE-Puffer p_H 3,5, n-Propanol und Wasser im Verhältnis 5:3,5:1,5 8 Std lang aufsteigend bei 2° C chromatographiert. Nach dem Trocknen wurden Kontrollstreifen mit Amidoschwarz gefärbt

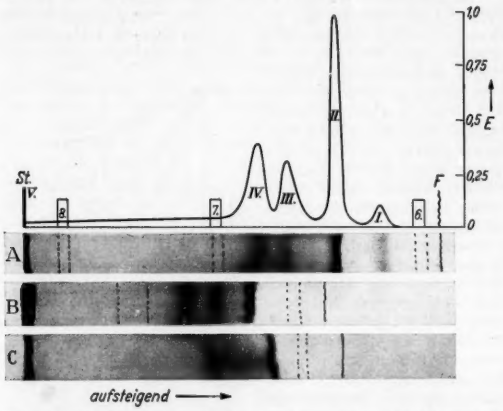


Fig. 1. Papierchromatographische Auftrennung des *Ammodytesgiftes* in 8 Fraktionen: Fraktion I—V mit Amidoschwarz angefärbt, Fraktion 6—8 auf Grund ihrer UV-Fluoreszenz (gelb-grün) lokalisiert. R_f-Werte: Fraktion I = 0,86; II = 0,75; III = 0,63; IV = 0,54; V = 0; 6 = 0,95; 7 = 0,46; 8 = 0,1. *A* Frischtoxin, *B* 3 Monate gelagertes Toxin, *C* 1 Jahr gelagertes Toxin. (Einzelheiten im Text.)

und die entsprechenden proteinhaltigen Zonen ausgeschnitten und mit 1—2 cm³ physiologischer NaCl-Lösung eluiert. Die Eluate wurden auf Fermentwirksamkeit untersucht. — Die *proteolytische* Wirksamkeit wurde nach der Methode von ANSON und MIRSKY[1]) geprüft und ausgedrückt in mMol Tyrosin, aus 1 cm³ Hämoglobinlösung freigesetzt. — Die *Ribonucleotidase*wirksamkeit wurde nach BAIN und RUSCH[2]) bestimmt (manometrische Messung der in 20 min aus Bicarbonatpuffer freigesetzten mm³ CO_2. Substrat: Hefenucleinsäure). — *Lecithinase*bestimmung nach SLOTTA und SZYSZKA[3]): Ermittlung der zur vollständigen Hämolyse erforderlichen Grenzkonzentration. — *Direkte Hämolyse* nach SLOTTA und BORCHERT[4]). — *l-Aminosäureoxydase:* Substrat l-Leucin. Manometrische Messung der O_2-Aufnahme (20 min) in der WARBURG-Apparatur.

Das Chromatogramm des Frischgiftes (Fig. 1 A) zeigt acht Banden, von denen fünf mit Amidoschwarz anfärbbar sind (Fraktion I bis V), drei sich durch Fluoreszenz im UV-Licht lokalisieren lassen (Fraktion 6 bis 8). Im Chromatogramm des drei Monate gelagerten Giftes (Fig. 1 B) fehlen die Fraktionen I und 8; nach einjähriger Lagerung sind zusätzlich auch Fraktionen III und 7 nicht mehr nachweisbar (Fig. 1 C). In der Tabelle 1 ist die Verteilung der verschiedenen Fermentaktivitäten auf die einzelnen Banden des Chromatogramms dargestellt. Es ergibt sich, daß die l-Aminosäureoxydasewirksamkeit des Vollgiftes während des Chromatographierens verlorengegangen ist — vermutlich durch Abspaltung des als Coferment fungierenden Riboflavinnucleotids. Die Ribonucleotidase- bzw. Lecithinaseaktivität des Vollgiftes wurde in Fraktion III bzw. IV verlustlos wiedergefunden. — Von besonderem Interesse ist der für Fraktion II und V erhobene Befund. Die proteolytische Wirksamkeit der Fraktion II ist doppelt so groß wie diejenige der am Start aufgetragenen Toxinmenge. Das legt den Gedanken nahe, daß das Toxin

Tabelle 1.

	Vollgift	Fraktion				
		I	II	III	IV	V
Protease	0,25	—	0,51	—	—	—
Ribonucleotidase . .	15	—	—	14	—	—
Lecithinase	1:400000	—	—	—	1:380000*)	—
Direkte Hämolyse .	—	—	—	—	—	+++
l-Aminosäureoxydase	80 mm³	—	—	—	—	—

*) Bezogen auf die am Start aufgetragene Toxinmenge (1 mg Protein).

einen Hemmstoff enthält, der während der Chromatographie abgespalten wird. — Während das Vollgift keine direkte Hämolyse verursacht, wirkt die lecithinase-freie Fraktion V des Chromatogramms direkt hämolytisch.

Frankfurt a. M., Pharmakologisches Institut der Universität (Direktor: Prof. Dr. P. HOLTZ).

H. W. RAUDONAT

(unter Mitarbeit von cand. med. dent. A. OETTERT).

Eingegangen am 3. August 1955.

[1]) ANSON, M., u. A. E. MIRSKY: J. Gen. Physiol. **17**, 151 (1953); **22**, 79 (1939).
[2]) BAIN, J. A., u. H. P. RUSCH: J. of Biol. Chem. **153**, 659 (1944).
[3]) SLOTTA, K. H., u. G. SZYSZKA: Ber. dtsch. chem. Ges. **71**, 258 (1938).
[4]) SLOTTA, K. H., u. P. BORCHERT: Mem. Inst. Butantan **26**, 297 (1554).

Papierchromatographische Abtrennung eines Proteasen-Hemmstoffes aus Schlangengiften.

In einer früheren Mitteilung[1]) wurde berichtet, daß die bei der papierchromatographischen Auftrennung des Ammodytes-Giftes erhaltene „Fraktion II" mit einem R_f-Wert von 0,75, in der die Protease des Toxins enthalten ist, eine weit stärkere, mitunter doppelt so starke proteolytische Wirk-

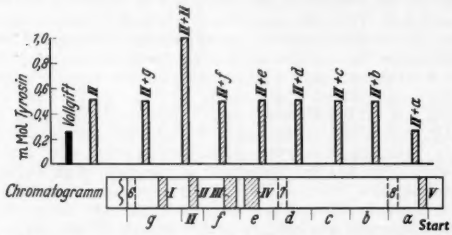


Fig. 1. Nachweis eines Proteasenhemmstoffes im Ammodytestoxin. Die proteolytische Aktivität der Fraktion II des Chromatogramms ist doppelt so stark wie diejenige der Vollgiftmenge, aus der sie gewonnen wurde. Sie läßt sich durch einen Hemmstoff, der in dem am Start verbleibenden Restprotein enthalten ist (V bzw. a), auf den Aktivitätsgrad des Vollgiftes reduzieren (II + Eluat aus a). Einzelheiten im Text.

samkeit besitzt, wie sie der am Start aufgetragenen Toxinmenge entsprechen würde. Die Vermutung, daß die Aktivitätssteigerung durch die Abtrennung eines im Nativgift vorhandenen Hemmstoffes verursacht sei, ließ sich bestätigen.

Methodik. Aus 8 mit je 1 mg Ammodytestoxin gewonnenen Papierchromatogrammen wurde jeweils die proteolytisch wirksame Fraktion II ausgeschnitten und mit 1 cm³ 0,9%iger NaCl-Lösung eluiert. Ein weiteres Chromatogramm wurde in 8 Abschnitte zerschnitten (vgl. Fig. 1: a—g und II). Diese wurden einzeln eluiert und die Eluate mit denen der Fraktion II gemischt und inkubiert. Die Proteasenwirksamkeit wurde nach ANSON[2]) ermittelt. Sie ist in der Fig. 1 in mMol Tyrosin, freigesetzt aus Hämoglobin, ausgedrückt.

Die proteolytische Aktivität der Fraktion II wird durch die Eluate b—g nicht beeinflußt, durch Fraktion II erwartungsgemäß verdoppelt, durch das Eluat a jedoch so stark gehemmt, daß ihre Wirksamkeit jetzt nur noch derjenigen der aufgetragenen Vollgiftmenge entspricht. Das am Start verbleibende Restprotein enthält demnach einen Hemmstoff für die Protease des Giftes. Zur vollständigen Unterdrückung der proteolytischen Wirkung von 1 mg Volltoxin in 1 cm³

Substrat ist die in 7 bis 8 mg Toxin enthaltene Hemmstoffmenge erforderlich.

Orientierende Versuche mit Frischgiften von Naia naia, Naia nivea, Naia anchieta, Vipera aspis und Vipera russeli ergaben, daß auch diese Gifte einen Proteasenhemmstoff enthalten, der bei der Papierchromatographie am Start verbleibt.

Frankfurt a. M., Pharmakologisches Institut der Universität (Direktor: Prof. Dr. P. Holtz).

H. W. Raudonat.

Eingegangen am 20. August 1955.

[1]) Raudonat, H. W.: Naturwiss. **42**, 558 (1955).
[2]) Anson, M., u. A. E. Mirsky: J. Gen. Physiol. **17**, 151 (1933); **22**, 79 (1939).

Induktionsstoffe aus Embryonalextrakt bei der Pepsinhydrolyse.

Bei den Urodelen determiniert der Organisator (präsumptive Chorda und Urwirbel) während der Gastrulation und Neurulation im überlagernden Ektoderm das Gehirn und Rückenmark. Nach der Feststellung von O. Mangold[1]), daß auch differenziertes Gehirn und Extremitätenknospen im Ektoderm Medullarplatte induzieren können, ergab die systematische Prüfung der verschiedensten differenzierten Gewebe sehr verschiedener Tiere im lebenden und toten Zustand die weite Verbreitung der Induktionsfähigkeit[2]). Auch der Embryonalextrakt vom Hühnchen zeigte starkes Induktionsvermögen. Bei einigen Organen konnte sogar eine spezifische Induktionsleistung festgestellt werden[3]). Leber induzierte z. B. *vorwiegend* vordere Gehirnteile (archencephale Wirkung), Barsch- und Meerschweinchenniere *vorwiegend* Rümpfe und Schwänze (spinocaudale Wirkung).

Wir benutzen seit zwei Jahren den Embryonalextrakt 7 bis 9 Tage alter Hühnerembryonen als Ausgangsmaterial für die Analyse der Induktionsstoffe und konnten aus ihm *Fraktionen mit ausschließlich archencephaler und ausschließlich spinocaudaler Wirkung* gewinnen. Die Fraktionen wurden nach der Methode von O. Mangold[4]) durch Einbringen der Stoffe in das Blastocoel der Gastrula von Urodelen auf ihre induzierende Wirkung geprüft. — Aus Embryonalextrakt wurde durch fraktioniertes Zentrifugieren, Fällung bei verschiedener Salzkonzentration und verschiedenem p_H und durch Phenolextraktion eine spinocaudal induzierende Proteinfraktion angereichert. Diese wurde dann bei p_H 3,0 4 Std mit kristallinem, Ribonuclease-freiem Pepsin behandelt (0,1 bis 1,0 mg Pepsin/cm³, Temperatur 30° C). In gleicher Weise wurde nicht-fraktionierter Embryonalextrakt mit Pepsin bebrütet. Bei beiden Versuchen ergab sich, *daß Pepsinbehandlung den spinocaudal induzierenden Stoff unwirksam macht.* Dagegen wurde der im nicht-fraktionierten Embryonalextrakt ebenfalls vorhandene archencephale Induktionsstoff nur etwas abgeschwächt. Zu den Kontrollen wurde Pepsin nach dem Inkubieren zugegeben.

Mit Pepsin bebrüteter Embryonalextrakt wurde anschließend mit Trichloressigsäure (Endkonzentration 5%) gefällt. Während der in Trichloressigsäure unlösliche Rückstand gut induzierte, hatte die aus dem Überstand gewonnene, vor allem aus Polypeptiden bestehende Fraktion nur eine sehr schwache Wirkung. Diese Fraktion wurde wegen ihrer leichten Wasserlöslichkeit zum Austesten in möglichst hoher Konzentration in Agar aufgenommen. Kontrollversuche hatten ergeben, daß in Agar aufgenommener Embryonalextrakt etwa halb so stark induzierte wie durch Hitze koagulierter, direkt implantierter Extrakt. Eine starke Induktionswirkung des Überstands mußte also auch nach dieser Methode erkannt werden.

Um zu prüfen, ob das in den Versuchen verwendete Pepsin induzierend wirkt, wurde es gelöst, 20 min auf 95° erhitzt und dann implantiert. Bei Keimen, deren Gastrulation normal verlief, traten nur Epithelwucherungen, aber keine Induktionen auf. Als Nebenresultat ergab dieser Versuch sehr häufig *Exogastrulae.* Die Exogastrulation ist vielleicht dadurch zu erklären, daß durch die noch verbleibende, sehr schwache proteolytische Wirkung vor allem die an das Blastocoel grenzenden Zelloberflächen angegriffen werden und dadurch der Invaginationsvorgang gestört wird. Mit Phenol vorbehandeltes Pepsin verursachte seltener die Exogastrulation.

Ribonucleinsäuren, aus Embryonalextrakt und Rinderleber nach verschiedenen Verfahren gewonnen, zeigten nur sehr geringe Induktionsfähigkeit, können also nicht den natürlichen Induktionsstoffen entsprechen[5]).

Die ausführliche Beschreibung und Diskussion der Versuche erfolgt an anderer Stelle. Die Arbeit wurde mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft ausgeführt.

Heiligenberg-Institut, Abteilung O. Mangold, Heiligenberg (Bodensee).

Heinz Tiedemann und Hildegard Tiedemann.

Eingegangen am 24. August 1955.

[1]) Mangold, O.: Naturwiss. **16**, 387 (1928).
[2]) Holtfreter, J.: Naturwiss. **21**, 767 (1933).
[3]) Chuang, H. H.: Biol. Z. **58**, 472 (1938). — Toivonen, S.: Ann. Acad. Sci. Fennicae **55**, 7 (1940).
[4]) Mangold, O.: Arch. mikrosk. Anat. u. Entw.mechan. **100**, 258 (1923).
[5]) Tiedemann, Heinz, u. Hildegard Tiedemann: Unveröffentlicht.

Über die Abhängigkeit des photodynamischen Effektes auf einige Mitochondrienfermente von der Intensität der Strahlung.

In früheren Arbeiten wurde von uns über die photodynamische Wirkung des polyzyklischen Kohlenwasserstoffs Benzpyren (Bp) auf Hefezellen und auf isolierte Rattenlebermitochondrien berichtet[1]), [2]), [3]). Bei der Hefe wurde das Vermögen, in der Kultur zu Kolonien auszuwachsen, und bei den Mitochondrien die Wirksamkeit einer Reihe ihrer Fermente als Test für den photodynamischen Effekt (ph. E.) benutzt. Sowohl für die Hefezellen als auch für die Mitochondrien ergab sich eine Proportionalität zwischen ph. E. und Strahlendosis. Außerdem konnte für Hefezellen eine Abhängigkeit der Wirkung von der Intensität der Strahlung in der Weise nachgewiesen werden, daß mit zunehmender Intensität bei konstanter Bp- und Strahlendosis die Wirkung anstieg[2]). In den nachfolgend beschriebenen Untersuchungen wurde die Intensitäts- und damit Zeitfaktorabhängigkeit des ph. E. zusätzlich noch an isolierten Rattenlebermitochondrien ermittelt. Als Photosensibilisator kam gleichfalls Bp in Anwendung. Die Versuchsanordnung und methodischen Bedingungen waren die gleichen wie in unseren früheren Experimenten[3]). Die mit Bp beladenen Lebermitochondrien wurden in wäßriger Suspension (physiologische Kochsalzlösung) bei konstanter Bestrahlungsdosis, die durch eine entsprechende Bestrahlungszeit erzielt wurde, in folgenden Intensitätsabstufungen des mittleren UV-Bereichs (300 bis 400 mμ) einer Hg-Lampe bei Vorschaltung eines UG-2-Filters bestrahlt: Intensität 1, 1/10 und 1/20. Als Test für den ph. E. wurde die Wirksamkeit der Apyrase und Cytochromoxydase [Bestimmungsmethode[3b])] gewählt. In Fig. 1 ist die durch den ph. E. bedingte Aktivitätsabnahme für Isodosen der 3 bzw. bei der Cytochromoxydase 2 verschiedenen Intensitätsabstufungen wiedergegeben. Es ist ersichtlich, daß die photodynamische Wirkung mit zunehmender Intensität bei konstanter Dosis beträchtlich ansteigt und damit zeitfaktorabhängig ist.

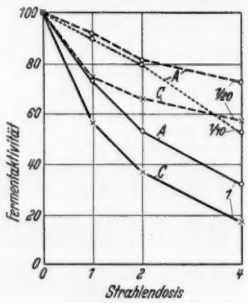


Fig. 1. Wirksamkeit der Apyrase (*A*; ○) und der Cytochromoxydase (*C*; ×) bei gleichen Strahlendosen unterschiedlicher Strahlenintensität *I*. Die Zahlen (1; 1/10; 1/20) geben die relative Intensität an.

Damit steht dieses Ergebnis in guter Übereinstimmung mit den früher mitgeteilten Versuchen an Hefezellen.

Institut für Medizin und Biologie, Berlin-Buch, Abteilung für biologische Krebsforschung.

E. J. Schneider, G. Sydow, A. Graffi und H. Kriegel.

Eingegangen am 10. August 1955.

[1]) Graffi, A., H. Kriegel, H. Schreiber u. F. Windisch: Z. Naturforsch. **8b**, 142 (1953). — Kriegel, H.: Diss. Berlin 1953.
[2]) Graffi, A., I. Graffi, H. Kriegel, F. Windisch u. P. Schwensow: Experientia **10**, 68 (1954). — Graffi, I.: Diss. Berlin 1955.
[3]) Graffi, A., H. Kriegel, E. J. Schneider u. G. Sydow: a) Naturwiss. **40**, 414, 415 (1953). — b) Arch. Geschwulstforsch. **6**, 226 (1954).

The Hydrogen Ion Concentration and Digestion of Carbohydrates in Dysdercus koenigii Fab. (Heteroptera: Pyrrhocoridae).

Investigations on the physiology of the alimentary canal of hemipterous insects have been taken up in order to elucidate the physiological significance of the characteristic differentiation of the gut of these insects. Some observations on the alimentary canal of *Leptocorisa varicornis* FAB. have already been published [SAXENA[1])]. The results of the study of hydrogen ion concentration and digestion of carbohydrates in *Dysdercus koenigii* FAB. are being summarised here. It should be noted that mere knowledge of the distribution of digestive enzymes does not give any idea about the site of digestion. It is necessary to study, in addition to the hydrogen ion concentration and enzymes, the fate of nutrients within the alimentary canal[1]).

The technique to determine the hydrogen ion concentration, enzymes and the fate of various nutrients in the gut has been described [SAXENA[1])]. In the present study the method to determine the fate of maltose and sucrose was, however, modified. The insects were fed on 5% solutions of respective sugars. At periodic intervals after a meal the contents of different parts of the guts were tested for the presence of these sugars and their hydrolytic products (glucose and fructose) by ascending paper chromatography. The solvent mixture used was butanol, acetic acid and water in the ratio of 4:1:5 v/v [PARTRIDGE[2])]. The chromatograms were sprayed with benzidene-trichloracetic acid reagent [BACON and EDELMAN[3])]. The sugars would appear as brown spots. The hydrogen ion concentration in the first and second regions of the midgut ranges between p_H 6·0 and 6·8, that in the third and fourth regions between 4·6 and 5·2, and, in the hindgut between 6·8 and 7·6.

The enzyme *amylase* was detected sometimes in the first ventriculus alone, at other times in the first and second regions of the midgut, or in the second and third regions or in the third region only. This suggests that amylase is secreted periodically in the first ventriculus and is passed on to the succeeding regions. The *sucrase* was detected in each of the first three regions of the midgut while *maltase* was detected in the second two regions only. The fate of starch, maltose and sucrose in the gut was traced. The digestion of all these substances occurs only when they reach the third ventriculus though the enzymes acting on these nutrients are secreted in the preceding regions. It seems that the hydrogen ion concentration of the third ventriculus is suitable for the activity of these enzymes.

A detailed report of this study will be shortly published. I am indebted to Dr. M. L. BHATIA, Head of the Zoology Department, Delhi University, for assistance in the work.

Department of Zoology, University of Delhi, Delhi, India.

K. N. SAXENA.

Eingegangen am 15. September 1955.

[1]) SAXENA, K. N.: J. Zool. Soc. India **6**, 101 (1954).
[2]) PARTRIDGE, S. M.: Biochemic. J. **42**, 238 (1948).
[3]) BACON, J. S. D., and J. EDELMAN: Biochemic. J. **48**, 114 (1951).

Is ATP the Sensory Transmitter Substance?

Employing the hypothesis that one neurone produces only one transmitter substance at all its synapses, the observation of vasodilatation of the capillaries of the rabbit's ear has been proposed as a method of detection for the postulated transmitter substance of sensory neurones[1]),[2]). Using this method HELLAUER and UMRATH[2]) have shown that extracts of dorsal spinal roots contain a capillary-dilating factor which is absent from ventral roots. In contrast, HOLTON and HOLTON[3a]) reported that extracts of ventral roots caused a vasodilatation similar to that produced by dorsal root extracts, and more recently they have presented evidence suggesting that ATP is possibly identical with the transmitter substance of sensory neurones[3b]). The root extracts of HELLAUER and UMRATH[2]) are prepared in a different manner from those of HOLTON and HOLTON[3a,b]), and the chemical properties of the dilator principle of HELLAUER and UMRATH, as recently determined by HELLAUER[4]), are different from those of ATP. Both groups of workers agree that the active principles with which they are concerned must be different. The problem is now, which of the two principles is the more likely to be the actual transmitter.

We have tried to settle this argument by a set of rather simple experiments. Assuming that the dilatation of the capillaries of the rabbit's ear is caused by a transmitter substance produced by sensory fibres, one might expect that degeneration of the sensory fibres would sensitize the capillaries to the transmitter substance. If ATP is this transmitter, its effects should be potentiated after denervation of the ear, in a similar way to the potentiation of the action of dorsal root extracts observed by HELLAUER and UMRATH[2]). — We restricted our technique to an observation and photographic recording of the reddening of the ears caused by intradermally injected solutions, thereby excluding the effects on larger vessels which might affect measurements of the actual arterio-venous flow during perfusion with a test solution. Extracts were prepared by boiling freshly dissected spinal roots from cattle in a three-fold weight of distilled water. After 2 hours the extracts were filtered, and made approximately isotonic by the addition of appropriate volumes of 20 times concentrated K-free saline solution. According to the determinations of HOLTON and HOLTON[3b]) 1 g. of fresh roots would contain about 1 mg of ATP, and we therefore prepared solutions of sodium ATP containing twice the amount that could be present in our extracts, i.e. 0·7 mg./ml. One ear of each rabbit was denervated by removal of a 1 cm. length of the great auricular nerve 10 days prior to the experiment. Extracts and ATP solutions, 0·2 ml., were injected intradermally at corresponding sites of the denervated and the innervated ear. In all 10 experiments we have consistently found the following: 1. Dorsal root extracts cause a more intense and prolonged reddening (wheal) than do ventral root extracts. 2. The effect of dorsal root extracts is potentiated in the denervated ears, and that of ventral root extracts is diminished. 3. ATP causes a reddening which is much less intense than that caused by dorsal root extracts, and there is no potentiation of the action of ATP in the denervated ears, in fact its effectiveness here is sometimes diminished.

Our conclusion is that ATP is not the postulated sensory transmitter. Its reddening action on the rabbit's ear is much weaker than that of dorsal root extracts, and there is also no sensitation to ATP after degeneration of the sensory fibres innervating the capillaries. In addition, the fact that motor roots contain about the same amount of ATP as do sensory roots[3b]) while extracts of dorsal roots are so much more potent in their vasodilator activity than ventral root extracts also argues against ATP as the sensory transmitter.

The Donner Laboratory of Experimental Neurochemistry, Montreal Neurological Institute, McGill University, Montreal, Canada.

E. FLOREY and H. MCLENNAN.

Eingegangen am 23. August 1955.

[1]) DALE, H. H.: Proc. Roy. Soc. Med. **28**, 319 (1935).
[2]) HELLAUER, H. F., and K. UMRATH: Pflügers Arch. ges. Physiol. **249**, 619 (1948).
[3]) HOLTON, F. A., and P. HOLTON: J. Physiol. (a) **118**, 310 (1952); (b) **125**, 138 (1954).
[4]) HELLAUER, H. F.: Arch. exp. Path. u. Pharmakol. **219**, 234 (1953).

Korrelation zwischen Umgebungstemperatur und Toxizität des Reduktionsindikators Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC).

In der verbreiteten Literatur über biologische Anwendungen des TTC sind nur außerordentlich spärliche und stellenweise einander widersprechende Angaben über die pharmakologischen und toxikologischen Wirkungen dieses Reduktionsindikators zu finden[1]). Die Ansichten stimmen allenfalls darin überein, daß der in den Organismus eingeführte Stoff auf dem Wege der Atemzentrumslähmung den plötzlichen Tod verursacht. Außerdem kann das TTC als allgemeines Zellatmungsgift betrachtet werden. Aus den Versuchen verschiedener Autoren[2]) ist bekannt, daß die Toxizität gewisser chemischer Verbindungen (Prokain, Depridol usw.) von der Umgebungstemperatur abhängig ist. Daher haben wir die Frage untersucht, wie weit die Umgebungstemperatur die Toxizität von TTC beeinflußt.

Die Toxizität von TTC (Tetrazol, Bayer) prüften wir an Weißmäusen mit einem Körpergewicht von 18 bis 22 g, und zwar in zwei Umgebungstemperaturen (17 und 29° C), die auch unter normalen Verhältnissen in den Laboratorien vorkommen. Wir wandten dabei die Methode von MILLER und TAINTER[3]) an. Die DL_{50}-Raten wurden bei intravenöser und subkutaner

Verabreichung bestimmt. Eine Stunde vor der Injektion brachten wir die Tiere in einen 17 bzw. 29°C warmen Thermostaten und lasen die Toxizitätsergebnisse 8 Std nach der Injektion ab. Wir gaben alle bewerteten Dosen den aus je 10 Mäusen bestehenden Gruppen ein. Nach unseren Ergebnissen waren die bei 17°C erhaltenen DL_{50}-Werte in jedem Falle wesentlich niedriger als die bei 29°C erhaltenen (Tabelle 1). Um die Ursache dafür zu finden, verglichen wir zuerst

Tabelle 1. *DL_{50}-Dosis bei verschiedenen Temperaturen*[4]).

Umgebungstemperatur	17°C	21°C	29°C
DL_{50} (intravenös)	3,1	4,8	9,8 mg/kg
DL_{50} (subkutan)	6,1	9,5	19,7 mg/kg

mit i.v.-Verabreichung die TTC-Toxizität bei 17 und 29°C. Wir stellten fest, daß die Resorption für die Toxizitätsdifferenz keine wesentliche Rolle spielt. Nachher prüften wir die auf die Enddarmtemperatur ausgeübte Wirkung. Das TTC verminderte in jedem Falle die Körpertemperatur der Tiere. Bei den in der Kälte gehaltenen Tieren zeigte sich dies wesentlich ausdrucksvoller; die Tiere kühlten sich so stark ab, daß die Enddarmtemperatur durchschnittlich auf 19°C sank.

Im Benehmen der bei verschiedener Temperatur gehaltenen Mäuse ist nach der TTC-Verabreichung ein wesentlicher Unterschied erkennbar. Bei den in der Wärme gehaltenen tritt kurz nach der Verabreichung der entsprechend gewählten Dosis Gereiztheit ein; sie gehen dann rasch an den mit der Atemzentrumslähmung verbundenen Krämpfen zugrunde. Die abgekühlten Mäuse sind hingegen beinahe bewegungslos, der in der Atemqualität oder -quantität eintretende Unterschied ist kaum bemerkbar, und es entwickeln sich bei gleicher Dosis wie oben keine Krämpfe. Unsere Ergebnisse zeigen also, daß die Abkühlung in der Kälte die Mäuse vor der Wirkung einer in der Wärme schon toxischen TTC-Dosis schützt. Daß in der Kälte die TTC-Toxizität kleiner ist als in der Wärme, ist nach unserer Ansicht damit erklärlich, daß weniger TTC-Molekeln in die Zellen, und zwar hauptsächlich in die Zellen des Zentralnervensystems gelangen, wo der Reduktionsindikator seine toxische, plötzlichen Tod verursachende Wirkung entfaltet. TTC verursacht in der Kälte schon kurze Zeit nach s.c.- bzw. i.v.-Verabreichung starke Temperaturabnahme, und anscheinend beschützt diese Abkühlung mit Permeabilitätsabnahme der Zellen des Zentralnervensystems das Tier vor der Toxizität des Stoffes. Unsere Versuche richten die Aufmerksamkeit erneut darauf, daß es immer zweckmäßig ist, bei Mitteilung der Toxizitätergebnisse anzugeben, bei welcher äußeren Temperatur die Bestimmung ausgeführt wurde.

In dem „Quarterly Journal of Experimental Physiology" werden wir unsere Versuche eingehend veröffentlichen.

Laboratorium für Gerinnungsphysiologische und Praktische Muskeluntersuchung und Toxikologische Abteilung des Instituts für Arbeitsgesundheitswesen, Budapest.

Eörs Bajusz und László Kováry.

Eingegangen am 25. Juli 1955.

[1]) Straus, F. H., N. D. Cheronis u. E. Straus: Science [Lancaster, Pa.] **108**, 113 (1948). — Doerr, W.: Frankf. Z. Path. **61**, 557 (1950). — Jerchel, D., u. R. Kuhn: Liebigs Ann. Chem. **568**, 185 (1951). — Soncin, E.: Arch. ital. Sci. Farmacol. **4**, 1 (1954).

[2]) Sievers, R. F., u. A. R. McIntyre: J. Pharmacol. Exp. Therapeut. **59**, 90 (1937). — Meyer, B. J., u. L. Karel: J. Pharmacol. Exp. Therapeut. **93**, 420 (1948). — McDonald, F. F.: Brit. J. Pharmacol. **3**, 116 (1948). — Herr, F., J. Borsi u. Gy. Pataky: Tud. Akad. Oszt. Közl. [Ung.] **4**, 197 (1953).

[3]) Miller, L. C., u. M. L. Tainter: Proc. Soc. Exp. Biol. a. Med. **57**, 261 (1944).

[4]) DL_{50}-Werte bei 21°C siehe Bajusz, E., u. M. Békés: Frankf. Z. Path. [erscheint demnächst].

Nachweis und serologische Identifizierung einer „löslichen" V-Antigenkomponente in Influenza-A_1-Allantoisflüssigkeit.

Bei der Ausarbeitung von Methoden zur vereinfachten Gewinnung von konzentrierten komplementbindenden Influenzaantigenen mittels Ausfrierung[1]) und Glycerindialyse[2]) wurde unter Verwendung des Influenza-Virusstammes A_1/Germany/1/1953 folgendes festgestellt: Glycerinantigene (die nach Art ihrer Herstellung lediglich eingedickte Allantoisflüssigkeiten darstellen) weisen gegenüber den Ausgangs-Allantoisflüssigkeiten sowohl im Hämagglutinationstest (HT) als auch in der Komplementbindungsreaktion (KBR) eine der volumenmäßigen Einengung entsprechende Titersteigerung auf. Reine V-Antigene, bestehend aus den durch Zentrifugation oder Erythrozyten-Adsorption-Elution konzentrierten Viruspartikeln, erreichen zwar im HT einen der Konzentrierung entsprechenden Titer, nicht dagegen in der KBR, die einen 70- bis 80%igen Aktivitätsverlust erkennen läßt. Die in den Ausgangs-Allantoisflüssigkeiten verfügbare komplementbindende Aktivität kann danach nur zu einem geringen Teil an die eigentlichen Viruspartikeln gebunden sein. Um den nichtgebundenen Anteil zu erfassen, wurden aus einer Allantoisflüssigkeit (mit Titern von 1:1280 im HT und 1:16 in der KBR) die Viruspartikeln durch Zentrifugation und Erythrozytenadsorption entfernt. Der Allantoisflüssigkeits-Überstand (Ü) zeigte nunmehr im HT negativ (< 1:2), in der KBR aber noch bis 1:12 positiv an. Obwohl also mehr als 99,8% der Viruspartikeln entfernt worden waren, fiel die komplementbindende Aktivität lediglich um 25% ab. Die verbliebenen 75% müssen in einer Form vorliegen, die von den eigentlichen Viruspartikeln unterschieden ist durch eine geringere Teilchenschwere sowie durch das Fehlen der Erythrozytenaffinität und (auf Grund entsprechender Untersuchungen) der Infektiosität.

Diese komplementbindende Antigenkomponente, deren Spezifität gesichert ist, wurde zunächst als S-Antigenanteil aufgefaßt[1]). Allerdings geht dieser Anteil mengenmäßig über den nach älteren Untersuchungen[3]),[4]) zu erwartenden S-Antigengehalt hinaus. Weitere Zweifel an der S-Antigennatur traten auf, als sich zeigte, daß auch Kaninchenantiseren [die nach intraperitonealer Immunisierung nur V-, jedoch keine S-Antikörper enthalten[3]] in gleicher Weise wie Patientenseren mit der virus„freien" Ü-Präparation reagierten. Allerdings ließ diese Feststellung noch keine entscheidenden Schlüsse zu, da sich die Kaninchenseren als durch unspezifische Faktoren mehr oder weniger überlagert erwiesen. Die Prüfung mehrerer Patientenseren, die durch unterschiedliche Divergenz ihrer V- und S-Titer gekennzeichnet waren, gegenüber a) einem Membran-S-Antigen, b) dem zentrifugierten V-Antigen sowie c) der Ü-Präparation ergab dann aber, daß die Ü-Titer dieser Seren mit den V-, nicht mit den S-Titern korrespondierten. Endgültige Klärung brachten Absorptionsversuche an Patientenseren: Nach verschiedenen Methoden wurden die V-Antikörper bis zu 80 bis 90% aus den Seren entfernt. Dementsprechend sank der Titer gegenüber dem zentrifugierten V-Antigen, desgleichen der Titer gegenüber der Ü-Präparation. Der Titer gegenüber dem Membran-S-Antigen blieb jedoch unverändert bestehen. Es läßt sich somit sagen, daß die in der Ü-Präparation nach Entfernung der Viruspartikeln noch vorhandene Antigenkomponente mit den V-Antikörpern eines spezifischen Antiserums, nicht mit dessen S-Antikörpern reagiert. Es muß sich also um eine in „löslicher" Form vorliegende V-Antigenkomponente (LV) handeln.

Zum Zwecke einer weiteren Analyse wurde in orientierenden Experimenten bisher vergeblich versucht, das LV hochgereinigt zu gewinnen. Nach mehrmaligen Zentrifugationen (26000 g) und Erythrozytenadsorptionen blieben immer noch etwa 0,1% infektionstüchtiger Viruspartikeln zurück. In der präparativen Ultrazentrifuge begann das LV bei 60000 g schwach zu sedimentieren, aber auch nach einstündigem Lauf bei 180000 g konnte im Sediment eine quantitative Steigerung der komplementbindenden Aktivität noch nicht erzielt werden. Elektronenmikroskopische Untersuchungen verliefen negativ. In Filtrationsversuchen mit Membranfiltern verschiedener Porenweite zeigte sich, daß das LV erst dann vollständig zurückgehalten wird, wenn auch Hämoglobinmolekeln nicht mehr passieren. — Die Prüfung weiterer Virusstämme der Influenza-Mumpsgruppe (A_1/FM_1, A/PR_8, B Lee und Mumps) ergab nur noch für A_1/FM_1 das Vorhandensein von LV in der Allantoisflüssigkeit. Es zeigte sich ferner, daß das LV nur mit homologen A_1-Antiseren reagiert.

Die Entstehung des LV scheint an den Virusvermehrungsprozeß selbst gekoppelt zu sein. In Allantoisflüssigkeiten, die fraktioniert (16, 24, 36, 48 und 60 Std nach der Beimpfung) geerntet wurden, steigt parallel mit der Infektiosität, dem Hämagglutinations- und Komplementbindungsvermögen auch die Aktivität des LV an. Es lag nahe, die Existenz des LV mit den Erscheinungen der *P-Q*-Phasen bei gewissen Influenza-A_1-Stämmen in Verbindung zu bringen. Gegen eine solche Beziehung spricht, daß der FM_1-Stamm ebenfalls LV bildet. Versuche, mit dem LV eine Blockierung des Hämagglutinationshemmungstestes zu bewirken, verliefen erfolglos.

Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen. Eine ausführliche Darstellung der hier zusammengefaßten Experimente und Ergebnisse wird an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der Freien Universität, Berlin (Direktor: Prof. Dr. med. BERNH. SCHMIDT).

GERHARD BRAND.

Eingegangen am 16. August 1955.

[1]) BRAND, G.: Zbl. Bakter. I Orig. **161**, 337 (1954).
[2]) BRAND, G., u. A.-W. KEIL: Zbl. Bakter. I Orig. **162**, 13 (1955).
[3]) WIENER, M., W. HENLE u. G. HENLE: J. Exp. Medicine 83, 259 (1946).
[4]) WIENER KIRBER, M., u. W. HENLE: J. Immunology **65**, 229 (1950).

Über die Abhängigkeit der Leukämiehäufigkeit vom Alter der Tiere zur Zeit der Injektion zellfreier Tumorfiltrate*).

Im Rahmen unserer Untersuchungen mit zellfreien Tumorfiltraten, durch die nach einer mehrmonatigen Latenzzeit in hohem Prozentsatz Leukämien hervorgerufen werden[1]), interessierte uns die Frage, bis zu welchem Alter der Tiere eine erfolgreiche Applikation der Filtrate möglich ist. In den ersten Versuchen legten wir Wert darauf, die Applikation möglichst innerhalb der ersten 24 Std vorzunehmen, zumal auch von L. GROSS[2]) dieser Tatsache eine besondere Bedeutung beigemessen wird. Er weist in allen seinen Arbeiten besonders darauf hin, daß die Injektion der zellfreien Filtrate aus dem Gewebe der AK-Leukämie möglichst innerhalb der ersten 12 oder gar 6 Stunden nach dem Wurf erfolge. Wie wir in einer früheren Arbeit bereits andeuteten, konnten wir in unseren eigenen Versuchen auch dann positive Resultate erzielen, wenn die Injektion der Filtrate an Tieren erfolgte, die bis zu 7 Tagen alt waren[3]). Im folgenden wollen wir die Leukämiehäufigkeit nach Injektion zellfreier Filtrate des Sarkoms Sa I und des EHRLICH-Ascitescarcinoms in ihrer Abhängigkeit vom Alter der Tiere zum Zeitpunkt der Filtratapplikation an Hand unseres eigenen, genügend umfangreichen Versuchsmaterials darstellen.

Methodik. Die Herstellung der Filtrate, die Applikationsart und Dosierung erfolgte in der gleichen Weise, wie in unseren früheren Arbeiten bereits beschrieben wurde[1]). Ein besonderer Hinweis ist im Hinblick auf die erste Versuchsgruppe erforderlich, in der die Tiere vor der natürlichen Geburt mit dem Filtrat behandelt wurden zwecks Klärung der Frage, ob zu diesem frühesten Zeitpunkt behandelte Tiere besonders günstige Ergebnisse liefern. Zu diesem Zweck wurden die Embryonen 1 bis 3 Tage vor der physiologischen Geburt operativ entbunden, sofort mit dem Filtrat gespritzt und einer Amme zugeführt.

In der Tabelle 1 sind die Ergebnisse dieser Auswertung in absoluten Zahlen und im Prozentsatz positiver Befunde dargestellt. Zum Vergleich sind Versuche mit erwachsenen Tieren angeführt, die im Alter von 3 bis 4 Monaten in verschiedener Weise (subkutan, intraperitoneal, intramuskulär, intravenös) mit größeren Dosen (bis zu 0,1 cm³) mit gleichartigen Filtraten von Sa I behandelt wurden. Diese Tiere waren gleicher Herkunft wie die zur Anwendung gelangten Neugeborenen. Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß 1. im Zeitraum zwischen dem 1. und 11. Tag nach der Geburt behandelte Tiere keinen signifikanten Unterschied im Leukämieauftreten zeigen; — 2. die Filtratbehandlung künstlich geborener Tiere, die also noch einige Tage vor der natürlichen Geburt injiziert wurden, nicht zu der von uns zunächst erwarteten, besonders guten Ansprechbarkeit auf die Filtrate führt; — 3. erwachsene Tiere auf Behandlung mit einem für neugeborene Mäuse sehr wirksamen Filtrat nur ausnahmsweise mit Leukämie- bzw. Lymphosarkombildung reagieren, so daß also für die erwachsene Maus unseren bisherigen Versuchen nach eine viel geringere Ansprechbarkeit erwiesen ist.

Tabelle 1. *Abhängigkeit der Leukämiehäufigkeit vom Alter der Tiere zum Zeitpunkt der Filtratinjektion.*

Zeitpunkt der Injektion	Tierzahl und (Zahl der Leukämien)	
	Tumor: Sa I	EHRLICH-Ascitescarcinom
Vor der natürlichen Geburt	8 (0 = < 1 %)	15 (5 = 33 %)
0—12 Std nach d. Geburt	42 (17 = 40 %)	26 (4 = 15 %)
12—24 Std nach d. Geburt	40 (21 ~ 50 %)	41 (15 = 36 %)
2—5 Tage nach d. Geburt	66 (28 = 42 %)	
6—11 Tage nach d. Geburt	23 (10 = 43 %)	
3—4 Monate nach der Geburt	65 (3 ~ 5 %)	

Institut für Medizin und Biologie der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Präsident: Prof. Dr. W. FRIEDRICH), *Abteilung für biologische Krebsforschung (Leiter: Prof. Dr.* A. GRAFFI).

H. BIELKA, F. FEY, W. KRISCHKE und A. GRAFFI.

Eingegangen am 13. August 1955.

*) 6. Mitteilung.

[1]) GRAFFI, A., H. BIELKA, F. FEY, F. SCHARSACH u. R. WEISS: Naturwiss. **41**, 503 (1954). — Wien. med. Wschr. **1955**, 61. — BIELKA, H., A. GRAFFI u. F. FEY: Naturwiss. **42**, 399 (1955). — GRAFFI, A., u. F. SCHMIDT: Dtsch. Gesundheitswesen **9**, 1309 (1954). — GRAFFI, A., H. BIELKA, F. FEY u. U. HEINE: Naturwiss. **42**, 421 (1955). — FEY, F., H. BIELKA u. A. GRAFFI: Naturwiss. **42**, 421 (1955).
[2]) GROSS, L.: Proc. Soc. Exp. Biol. a. Med. **76**, 27 (1951).
[3]) FEY, F., H. BIELKA u. A. GRAFFI: Naturwiss. **42**, 160 (1955).

Über mögliche Eigenschaftsänderungen eines onkogenen Agens nach zellfreier Passage*).

Bei unseren Bemühungen, die durch zellfreie Tumorfiltrate erzeugten Leukämien[1]) zu transplantieren, konnten wir unter 21 Leukämiefällen trotz umfangreichen Tiermaterials (mehr als 300 Mäuse) und mannigfaltiger Variation des Impfungsmodus hinsichtlich Alter der Tiere, Applikationsart usw. nur ein positives Resultat erzielen. Diese erfolgreich zellulär überimpfbare Leukämie zeigte schon makroskopisch einige Besonderheiten. Sie war hauptsächlich im Bereich des Thymus lokalisiert (ungefähr haselnußgroßer, weißer Tumorknoten), während wir sonst mit zellfreien Sa I-Filtraten vorwiegend generalisierte Chloroleukämien (~75%) erzielten, die hauptsächlich zu einer starken Vergrößerung der Hals- und mesenterialen Lymphknoten führten. Diese als SOV 16 bezeichnete Leukämie ließ sich in der Folge mit fast 100%iger Impfausbeute subkutan weiter transplantieren, bildete solide Tumorknoten am Ort der Impfung und tötete die Tiere in 3 bis 4 Wochen.

Mit zwei verschiedenen Impfchargen dieses SOV 16-Stammes wurden von uns erneut Versuche mit zellfreien Filtraten an neugeborenen Mäusen des Agnes-Bluhm-Stammes durchgeführt. Die Zellfreiheit der Homogenate war durch doppelte Filtration durch G 4-Filter sowie teilweise noch durch zusätzliche Zentrifugation des Filtrats bei 3500 Touren und Verwendung des Überstandes für die Injektion sichergestellt. Die in diesen Versuchen mit SOV 16-Filtraten entstandenen Leukosen unterschieden sich in mehrfacher Beziehung von unseren üblichen Leukämiebefunden nach Applikation von Sa I-Filtraten beim gleichen Mäusestamm.

1. Die Latenzzeit war beträchtlich verringert und betrug im Mittel nur ~4 Monate im Gegensatz zu 7 Monaten nach der Injektion von Sa I-Filtraten. — 2. Der Prozentsatz positiver Befunde (15 positive Fälle bei 20 überlebenden Tieren = 75% nach 4 Monaten) war deutlich höher als nach Sa I-Filtraten (~2% nach 4 Monaten und ~50% nach 7 Monaten). — 3. Unter den 15 Leukämien konnten nur 4 Chloroleukämien beobachtet werden (~27%) im Gegensatz zu 77% nach Injektion von Sa I-Filtraten. — 4. Neun von den 15 positiven Fällen zeigten im Brustraum beträchtliche Ansammlungen geschwulstmäßiger Massen, ähnlich wie die Ausgangsmaus des SOV 16-Stammes, während bei unseren Versuchen mit Sa I-Filtraten gleichartige Veränderungen im Bereich des Mediastinums und der Thymusdrüse nur selten beobachtet wurden. — 5. Das histologische Bild, speziell der intrathorakalen Geschwulstmassen, hatte einen lymphatisch-retikulären Charakter im Gegensatz zu den mehr myeloischen Bildern nach Sa I-Filtraten.

Die Tatsache, daß wir in zwei getrennten Versuchsansätzen mit SOV 16-Filtraten, die aus zwei verschiedenen Impfchargen dieses Tumors bereitet wurden, das gleiche Resultat erzielten, spricht dafür, daß die Veränderung des morphologischen Bildes der Leukämie nicht durch äußere Bedingungen beim Versuch verursacht war, sondern mit viel größerer Wahrscheinlichkeit auf eine Eigenschaftsänderung des filtrierbaren Agens selber zurückzuführen ist. Interessant ist dabei vor allem der neuerworbene oder zumindest verstärkt ausgeprägte, spezifische Histotropismus des

SOV 16-Agens, der sich in dem überwiegenden Befall der Thymusdrüse ausdrückt und dem ursprünglich in den Sa I-Filtraten vorhandenen Agens weitgehend fehlt.

Diese Ergebnisse sprechen möglicherweise für die Vorstellung, daß onkogene, virusartige Agentien unter bestimmten Bedingungen deutliche und gleichzeitig auch stabilere Eigenschaftsänderungen erfahren können, die sie befähigen, histologisch und in bezug auf die Lokalisation neuartige Geschwulstbildungen auszulösen Ein derartiger Prozeß konnte auch bei den Hühnerleukosen von OBERLING und GUÈRIN nachgewiesen werden[2]).

Institut für Medizin und Biologie der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Präsident: Prof. Dr. W. FRIEDRICH), *Abteilung für biologische Krebsforschung (Leiter: Prof. Dr.* A. GRAFFI). H. BIELKA, F. FEY und A. GRAFFI.

Eingegangen am 13. August 1955.

*) 7. Mitteilung.

[1]) GRAFFI, A., H. BIELKA, F. FEY, F. SCHARSACH u. R. WEISS: Naturwiss. **41**, 503 (1954). — Wien. med. Wschr. **1955**, 61. — FEY, F., H. BIELKA u. A. GRAFFI: Naturwiss. **42**, 160 (1955). — BIELKA, H., A. GRAFFI u. F. FEY: Naturwiss. **42**, 399 (1955).

[2]) OBERLING, CH., u. W. GUÈRIN: Sang **1934**, Nr. 8, 892.

Zur Kenntnis des Wirtspflanzenkreises des Tabakmauche-Virus.

Für das Tabakmauche-Virus (rattle bzw. stem mottle virus) sind als Wirtspflanzen bisher fast ausschließlich Solanaceen bekannt. Lediglich die Composite *Sonchus arvensis* L.[1]) und die Amarantacee *Gomphrena globosa* L.[2]) wurden als

Fig. 1.

Fig. 1—3. Symptome des Tabakmauche-Virus auf verschiedenen Wirtspflanzen. Fig. 1 Callistephus chinensis; Fig. 2 Cyphomandra betacea; Fig. 3 Phaseolus vulgaris, Sorte Prinsa.

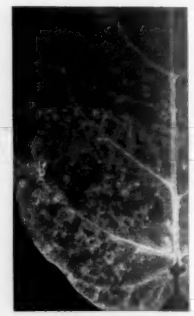


Fig. 2.

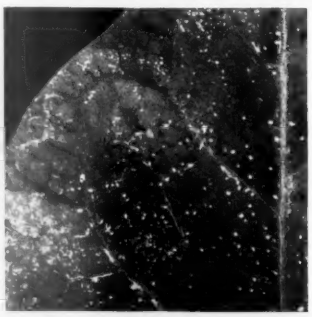


Fig. 3.

Wirtspflanzen außerhalb der Familie der Nachtschattengewächse festgestellt. In einer früheren Veröffentlichung konnte die Vermehrungsfähigkeit des Tabakmauche-Virus in zwei *Cuscuta*arten wahrscheinlich gemacht werden[3]). Inzwischen war es möglich, eine dieser beiden Arten, *Cuscuta campestris* YUNCK., durch Abreibung mit diesem Virus zu infizieren. Weiterhin wurden mit der gleichen, aus Holland stammenden Virusisolierung Untersuchungen über den Wirtspflanzenkreis vorgenommen. Dabei stellte es sich heraus, daß das Virus überraschend viele Pflanzenarten aus den verschiedensten Familien zu befallen vermag. Sogar eine Monokotyle erwies sich als anfällig.

Von 100 Pflanzenarten reagierten nach Abreibung 55 Arten positiv, wie sich durch Reisolierung bzw. Symptomausprägung beweisen ließ. Es handelt sich um Angehörige von 41 Gattungen folgender 21 Familien. In Klammern sind einige anfällige Arten angegeben: Amarantaceae (*Amarantus retroflexus* L.), Balsaminaceae (*Impatiens sultani* HOOK.), Campanulaceae, Caryophyllaceae (*Stellaria media* [L.] VILL.), Chenopodiaceae (*Chenopodium album* L., *Spinacia oleracea* L.), Commelinaceae (*Tradescantia fluminensis* VELL.), Compositae (*Callistephus chinensis* NEES, *Zinnia elegans* JACQ.), Convolvulaceae (*Ipomoea purpurea* LAM.), Cruciferae (*Sinapis alba* L.), Cucurbitaceae (*Cucumis sativus* L.), Gesneriaceae (*Columnea scandens* L.), Leguminosae (*Phaseolus vulgaris* L., *Pisum sativum* L., *Vicia faba* L.), Linaceae (*Linum usitatissimum* L.), Malvaceae (*Malva neglecta* WALLR.), Mesembryanthemaceae, Phytolaccaceae (*Phytolacca americana* L.), Polygonaceae (*Fagopyrum esculentum* GAERTN., *Rumex obtusifolius* L.), Resedaceae (*Reseda odorata* L.), Scrophulariaceae (*Antirrhinum majus* L.), Solanaceae (*Cyphomandra betacea* SENDT., *Nicandra physaloides* (l.) GAERTN., *Petunia hybrida* VILM., *Physalis peruviana* L.) und Violaceae (*Viola tricolor* L.).

Es traten je nach Pflanzenart sehr unterschiedliche Symptome in Erscheinung. Zum Beispiel zeigte *Callistephus chinensis* Nekrosen und starke Blattkräuselung (Fig. 1). Schwaches Mosaik mit leichter Blattverbeulung trat bei *Cyphomandra betacea* vorübergehend auf (Fig. 2). Bei *Zinnia elegans* stellte sich für kurze Zeit eine Aufhellung der jüngsten Blätter ein. Kleine weißliche Lokalläsionen bildete *Phaseolus vulgaris* (Fig. 3). *Impatiens sultani* reagierte durch Ausbildung größerer, häufig ringförmiger Nekrosen auf den abgeriebenen Blättern. Völlig symptomlos blieb *Physalis peruviana*, obgleich durch Testung systematischer Virusbefall nachgewiesen werden konnte. Auch *Tradescantia flumnensis* wies keine sichtbaren Krankheitserscheinungen auf, bei ihr konnte das Virus nur aus den abgeriebenen Blättern reisoliert werden. Die Untersuchungen werden fortgesetzt. Eine eingehende Darstellung mit näherer Symptombeschreibung wird später an anderer Stelle veröffentlicht[4]).

Biologische Zentralanstalt der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Institut für Phytopathologie, Aschersleben. KLAUS SCHMELZER.

Eingegangen am 15. August 1955.

[1]) KÖHLER, E.: Jahresbericht der biologischen Bundesanstalt, Braunschweig 1951, S. 34. 1952.

[2]) KÖHLER, E.: Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzdienst (Braunschweig) **5**, 21 (1953).

[3]) SCHMELZER, K.: Naturwiss. **42**, 19 (1955).

[4]) Nach Absendung des Manuskriptes erhielt Verf. Kenntnis von einer Arbeit von J. P. H. VAN DER WANT [Plant dis. rep. **39**, 553 (1955)], in der *Callistephus chinensis* als Wirt des Tabakmauche-Virus angegeben und eine kranke Aster abgebildet wird.

Die Kultur von Pflanzengewebe in flüssigem Medium mit Dauerbelüftung.

Eine soeben veröffentlichte Zusammenstellung der Literatur über die Kultur von Pflanzengeweben[1]) zeigt, daß man anscheinend bisher keine Kulturen in flüssigem Medium mit Dauerbelüftung des Mediums durchgeführt hat. Die Gewebe werden entweder auf Agar oder auf Folien, die mit einem flüssigen Medium in Kontakt sind, allenfalls in sog. „roller tubes"[2]) gezogen. Es ist daher vielleicht von Interesse, unsere Erfahrungen mit submerser, dauernd belüfteter Kultur mitzuteilen.

Eine Portion von schätzungsweise 0,01 bis 0,02 g Frischgewicht eines auf Schrägagarröhrchen kultivierten Gewebes von *Daucus carota*[3]) wurde durch kräftiges Schütteln möglichst fein zerteilt. Mit diesem Material wurden ungefähr 450 cm³ einer Nährlösung [im wesentlichen nach WHITE *)], die sich in einem Stehkolben aus Jenaer Geräteglas 20 befand, beimpft. Durch diese Nährlösung wurde während der ganzen Kulturdauer durch eine Glasfritte ein starker Luftstrom geleitet. Der Luftstrom wurde lediglich in drei hintereinandergeschalteten sterilen Wattefiltern gereinigt und in sterilem, destilliertem Wasser befeuchtet. Die aus dem Kulturkolben austretende Luft wurde durch einen Rückflußkühler, an dessen Ende sich wiederum ein steriles Wattefilter befand, abgeleitet. Die Kondensation im Kühler wurde so reguliert, daß das Volumen der Nährlösung annähernd konstant blieb. Die Kultur stand bei 21° bis 23° C (kurze Zeit bis 18° und 25°, kontrolliert mit einem Thermographen) im Laboratorium etwa 3 bis 4 m von einem Nord- und drei Ostfenstern entfernt in einem zur Zeit nur für Gewebekulturen verwendeten Digestorium. Vor direkter Besonnung wurde sie geschützt. Die sich entwickelnden Gewebestückchen zeigten keine deutliche Ergrünung, sondern waren weißlichgelb bis gelblichhellbraun gefärbt. Die größeren Gewebestücke wurden

keineswegs ständig so stark in Bewegung gehalten, wie es die Abbildung zeigt, sondern lagen die meiste Zeit, nur leicht hin und her bewegt, am Boden des Kolbens. Fig. 1 zeigt den Kulturkolben 10 Wochen nach der Beimpfung. Nach 95 Tagen wurde der Versuch abgebrochen, das Waschwasser war verbraucht, und außerdem war durch versehentliches Öffnen des Füllstutzens am Kulturkolben die Gefahr einer Infektion der Kultur eingetreten. Es wurden 3,681 g Frischgewicht geerntet, die Trockengewichtsbestimmung ergab 0,498 g. In allerdings nur sehr geringen Mengen Nährmedium (15 cm³ Agar) erreichte WHITE[2]) von ähnlichen Ausgangsmengen 1,726 g Frischgewicht maximal bei zweimaligem Wägen der Kultur pro Woche und damit verbundenem Umsetzen in 120 Tagen. Die Kulturen in „roller tubes" mit nur 2 cm³ Nährlösung stellten nach anfänglich gutem Wachstum den

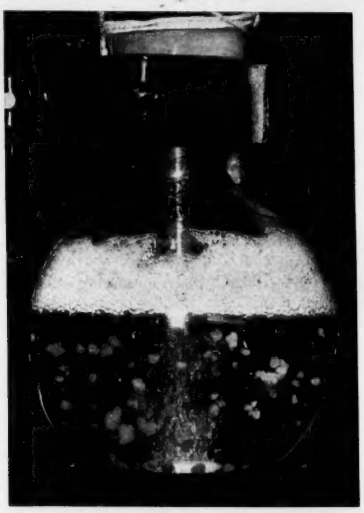


Fig. 1. Kulturgefäß nach 10 Wochen Kultur von Karottengewebe (Einsaat kaum sichtbar). Die Größe der Gewebestücke ist zum Teil durch Linsenwirkung des Kulturkolbens vergrößert 1:6,4. Aufnahme Leica mit Elektronenblitz.

Zuwachs nach 3 Wochen fast ein. GAUTHERET[4]) erhielt auf Agar in einem großen Kolben in 300 Tagen aus 0,5 g Ausgangsmaterial 150 g, also einen Zuwachs auf das 300fache. Das bedeutet, daß der von uns in 95 Tagen erhaltene Zuwachs auf das etwa 200fache zu den besten gehört, wenn er nicht sogar den bisher größten Zuwachs von Karottengewebe in lang dauernden Kulturversuchen darstellt. Auch von der Tatsache, daß eine organische Nährlösung bei ständiger Durchlüftung mit so einfachen Mitteln steril gehalten werden kann, sind wir Außenseiter der Gewebekultur überrascht. Wichtig scheint nach unseren Vorversuchen zu sein, daß man die Luft durch die Apparatur hindurch *preßt* und nicht *saugt*. Auch bewährte sich ein Verstreichen der Gummistopfen mit „Uhu"-Leim. Während unsere Kulturen von Schrägagar nur etwa 8 bis 9% Trockengewicht haben, erbrachte diese submerse Kultur 13,5% Trockengewicht. Wir erwarten, daß man mit unserer Kulturmethode Aufgaben in Angriff nehmen kann, die mit den bisherigen Methoden schwer zugänglich waren.

Die Versuche werden von der „Deutschen Forschungsgemeinschaft" gefördert.

Tübingen, Max-Planck-Institut für Biologie.

GEORG MELCHERS und URSULA ENGELMANN.

Eingegangen am 6. August 1955.

*) Auf 1000 cm³ H_2O bidest. $Ca(NO_3)_2 + 4H_2O$ 0,142 g, $MgSO_4 + 7H_2O$ 0,073 g, KNO_3 0,081 g, KCl 0,065 g, $KH_2PO_4 + 2H_2O$ 0,0125 g, $FeSO_4$ 0,00025 g, Spurenelemente nach HOAGLAND, Saccharose 20 g, Cocosmilchabkochung 70 cm³, β-Indolylessigsäure 0,01 g.

[1]) GAUTHERET, R. J.: Annual Rev. Plant Physiol. **6**, 431 (1955).

[2]) WHITE, PH. R.: Amer. J. Bot. **40**, 517 (1953).

[3]) Wir danken Herrn Professor E. BÜNNING und Fräulein R. KAUTH, Botanisches Institut der Universität Tübingen, für die Überlassung eines von ihnen isolierten und kultivierten Karottengewebes.

[4]) GAUTHERET, R. J.: La culture des tissues. Paris: Gallimard 1945.

Zur Wirkung der Temperatur auf die Größe von Pilzsporen.

Bei den Pilzen wird die Größe der Sporen im allgemeinen für so konstant gehalten, daß sie sogar bei vielen Gruppen als eines der wichtigsten Unterscheidungsmerkmale von Arten und selbst Gattungen benutzt wird. Es ist lediglich bekannt, daß Ernährungsbedingungen einen gewissen Einfluß auf die Sporenform mancher Pilze haben können. Für den wichtigen Faktor Temperatur scheint nach den vorliegenden Arbeiten nie ein modifikatorischer Einfluß gefunden worden zu sein, auf jeden Fall liegen nur gelegentliche Befunde vor.

Eine systematische Untersuchung des Temperatureinflusses auf die Sporenform wurde mit Hilfe der Filtrierpapiermethode[1]) durchgeführt. Die Pilze wurden unter gleichen Bedingungen bei 4 bis 36° in Abständen von je 4° kultiviert. Für jede Temperaturstufe wurden je 1000 Sporen mit dem Zeichenapparat gezeichnet und gemessen. Dabei ergab sich, daß vor allem die Sporengröße beeinflußt wird. Die Wirkung kann grundsätzlich zweierlei Art sein: 1. Die Temperatur hat keinen Einfluß auf die Sporengröße. — 2. Die Sporengröße ist abhängig von der Temperatur und ändert sich in Form einer Optimumkurve.

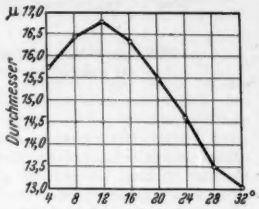


Fig. 1. Abhängigkeit des Konidiendurchmessers von *Botryotrichum piluliferum* von der Temperatur.

Besonders bemerkenswert für die zweite Gruppe ist die Tatsache, daß die optimale Sporengröße im allgemeinen bei relativ niedrigen Temperaturen, meist in der Nähe von 12°,

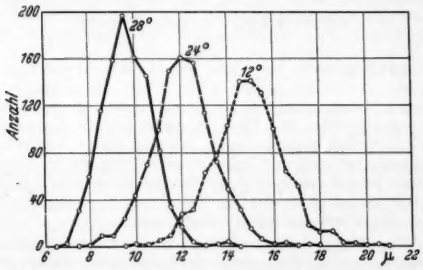


Fig. 2. Länge von je 1000 Konidien von *Mycosphaerella pinodes* bei drei verschiedenen Temperaturen.

erreicht wird (Fig. 1). Die Unterschiede in den Sporengrößen sind dabei oft recht erheblich (Fig. 2). In dieser Art reagieren *Alternaria raphani, Botryotrichum piluliferum, Colletotrichum lindemuthianum, Mycosphaerella pinodes, Phyllosticta impatientis, Trichothecium roseum* u. a. — Als Variante dieser Gruppe ist das Verhalten solcher Pilze aufzufassen, bei denen die Bildung der Sporen nur innerhalb eines begrenzten Temperaturbereiches vor sich geht. Liegt dieser Bereich über 12°, so bleibt von der Optimumkurve nur der rechte abfallende Ast übrig. So beträgt z. B. bei *Aspergillus flavus* bei 36° der mittlere Konidiendurchmesser 4,430 ± 0,017 μ, bei 20° aber 5,893 ± 0,015 μ. Bei 16° werden fast keine und bei 12° überhaupt keine Konidien mehr gebildet. Bei manchen Pilzen mit mehrzelligen Konidien und variabler Zellenzahl (z. B. Formgattung *Fusarium*) geht die Zu- und Abnahme der Zellenzahl parallel zur Größe der Konidien, die ihrerseits temperaturbedingt ist (Tabelle 1).

Tabelle 1. *Konidienlänge und Zahl der Querwände (in %) bei Gibberella baccata in Abhängigkeit von der Temperatur.*

Temperatur	Zahl der Querwände									Länge in μ
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
4°	0	17	144	*594*	156	82	7	0	0	33,31 ± 0,21
8°	0	8	27	296	*345*	264	59	1	0	35,08 ± 0,12
12°	0	1	3	105	335	*443*	105	8	0	36,43 ± 0,12
16°	0	0	0	73	294	*546*	80	5	2	37,04 ± 0,14
20°	0	0	3	88	336	*466*	100	6	1	36,41 ± 0,14
24°	0	0	3	164	*641*	181	10	1	0	35,02 ± 0,11
28°	0	9	256	*649*	82	4	0	0	0	26,53 ± 0,09
32°	196	*453*	296	54	1	0	0	0	0	25,39 ± 0,16

Über diese im Pilzreich offenbar weit verbreitete Erscheinung des Temperatureinflusses auf Form und Größe der Sporen und vor allen Dingen über ihre Bedeutung für Artbeschreibungen und für die Taxonomie soll noch im einzelnen berichtet werden.

Institut für Pflanzenzüchtung der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften in Quedlinburg.

GEORG SÖRGEL.

Eingegangen am 27. August 1955.

[1]) SÖRGEL, G.: Züchter **21**, 322 (1951).

Über die beiden gelbäugigen Mutanten sev und secn der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster*.

Die rotbraunen Augen der wildlebenden Fruchtfliege enthalten, wie man schon lange weiß, vor allem zwei Gruppen von Farbstoffen, braune und rote. Die Natur der *braunen Farbstoffe* (Ommochrome) und ihre Entstehung konnte in den letzten Jahren weitgehend geklärt werden. Es handelt sich um Phenoxazone[1]), die aus Tryptophan über verschiedene Zwischenstufen entstehen[2]). Die Reaktionskette, die vom Tryptophan zu den Ommochromen führt, kann nur ablaufen, wenn die Erbfaktoren v^+ und cn^+ vorhanden sind, unter deren Einwirkung die erforderlichen katalysierenden Fermente bereitgestellt werden (Fig. 1).

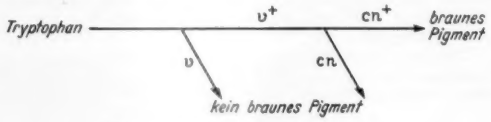


Fig. 1. Verlauf der Reaktionskette.

Unterbricht man die Kette, indem man die Gene v^+ oder cn^+ durch ihre unwirksamen Allele v bzw. cn ersetzt, so fällt die braune Komponente der Augenfarbe weg, und man erhält rein rotäugige Fliegen. Dies „übrigbleibende" *rote Pigment* ist das Endglied einer anderen Reaktionskette, die von den Erbfaktoren v^+ und cn^+ bzw. ihren Allelen nicht beeinflußt wird und über die man noch so gut wie nichts weiß. Der rote Farbstoff selbst ist nach den bisher vorliegenden Beobachtungen möglicherweise ein Pterinderivat.

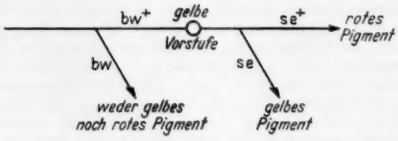
In den Augen mancher Fliegenrassen kommt außer den braunen und roten Pigmenten noch ein *gelber Farbstoff* vor, der dem Riboflavin sehr nahe steht[3]). Er findet sich in geringer Menge neben dem roten Farbstoff bei den schon erwähnten rotäugigen v- und cn-Fliegen, fehlt der braunäugigen Mutante „bw" völlig und ist, wie Tabelle 1 zeigt, in besonders großer Menge *in den sepiafarbigen Augen* der Rasse „se" enthalten[4]), [5]). Die gewöhnlichen se-Fliegen bilden daneben natürlich auch den braunen Farbstoff, da sie die Gene v^+ und bw^+ besitzen; Sepia ist hier also eine Kombination von Braun und Gelb. Die verdeckte gelbe Komponente

Tabelle 1. *Die Färbung der Augen und der Ocellen bei verschiedenen Mutanten von Drosophila.*

	Augenfarbstoffe			Ocellenfarbe
	braune	rote	gelbe	
wildform (+) . .	++	++	+	braun
brown (bw) . . .	++	–	–	braun
cinnabar (cn) . .	–	++	+	weiß
vermilion (v) . .	–	++	+	weiß
sepia (se)	++	–	++	braun
cnbw	–	–	–	weiß
vbw	–	–	–	weiß
cn se	–	–	++	weiß
v se	–	–	++	weiß
bw se	++	–	–	braun

läßt sich papierchromatographisch leicht abtrennen und nachweisen, weil der entstehende gelbe Fleck im UV-Licht intensiv gelbgrün fluoresziert. Sein R_f-Wert liegt auf Filterpapier 2040 b mit Propanol-Ammoniak (2:1) als Solvens bei 0,37[3]).

Die Beobachtung, daß die braunäugige Mutante bw weder rote noch gelbe Farbstoffe zu bilden vermag, daß ferner das rote Augenpigment aus einer gelben Vorstufe entsteht[6]) und daß die roten Augen der v- und cn-Fliegen stets noch etwas gelbes Pigment enthalten, ermöglicht vielleicht eine vorläufige Formulierung der *Reaktionskette*, die zu den roten und gelben Augenfarbstoffen führt:



Nach dieser Formulierung dürfen vbw- und cnbw-Fliegen überhaupt keinen Augenfarbstoff bilden, da hier die zusätzlich eingekreuzten Gene v bzw. cn die Entstehung des braunen Pigments blockieren (s. oben), während bw dem Schema entsprechend weder gelbes noch rotes Pigment zuläßt. Diese Überlegung wird durch die Beobachtung bestätigt: beide Rassen haben bekanntlich weiße Augen. Ferner müßten *vse- und cnse-Fliegen gelbe Augen* besitzen, da hier dem Reaktionsschema gemäß zwar die gelbe Vorstufe gebildet wird (bw^+ vorhanden), aber nicht in den roten Farbstoff umgewandelt werden kann (se statt se^+). Wir haben diese beiden Rassen durch Kombinationskreuzungen hergestellt und die Angaben früherer Autoren bestätigt gefunden: Die Augenfarbe der neugeborenen vse- und cnse-Fliegen ist rein gelb und hat auf der OSTWALDschen Farbtafel den Farbwert 3 pc.

Die gelben Augen dunkeln im Laufe der ersten Lebenstage der Fliegen nach und sind schon sehr bald von se-Augen nicht mehr zu unterscheiden, also sepiabraun (6 pi). Trotzdem kann man auch ältere sev- und secn-Fliegen leicht als solche erkennen, weil die beiden Mutanten keine braunen, sondern *weiße Stirnocellen* besitzen (s. Tabelle 1). In den Ocellen entsteht nämlich aus noch unbekannten Gründen nie rotes Pigment; die Bildung des braunen Farbstoffes wird aber bei den sev- und secn-Tieren durch die Gene v und cn unterbunden, während Sepiatiere (se, v^+, cn^+, bw^+) natürlich braune Ocellen haben. Voneinander lassen sich die beiden doppelt rezessiven Rassen ebenfalls leicht unterscheiden, weil die Körper der secn-Fliegen im Chromatogramm den blau fluoreszierenden Kynureninfleck liefern, der bei den sev-Tieren fehlt [Fleck 3[4])].

Über den gelben Farbstoff der se-Augen werden wir an anderer Stelle ausführlicher berichten[3]).

Zoologisches Institut der Universität, Bonn.

ROLF DANNEEL.

Eingegangen am 20. August 1955.

[1]) BUTENANDT, A., U. SCHIEDT, E. BICKERT u. R. CROMARTIE: Liebigs Ann. Chem. **590**, 75 (1954).

[2]) BUTENANDT, A., W. WEIDEL u. H. SCHLOSSBERGER: Z. Naturforsch. **4b**, 242 (1949).

[3]) DANNEEL, R., u. B. ZIMMERMANN: (Unveröffentlicht).

[4]) DANNEEL, R., u. B. ZIMMERMANN: Z. Naturforsch. **9b**, 788 (1954).

[5]) FORREST, H. S., u. H. K. MITCHELL: J. Amer. Chem. Soc. **76**, 5656, 5658 (1954). — HADORN, E.: Arch. Klaus-Stift. **26**, 470 (1951). — HADORN, E., u. H. K. MITCHELL: Proc. Nat. Acad. Sci. **37**, 650 (1951). — NAWA, S., u. T. TAIRA: Proc. Jap. Acad. **30**, 632 (1954).

[6]) DANNEEL, R.: Biol. Zbl. **61**, 388 (1941).

Über die Funktion der Pilzkörper (Corpora pedunculata) beim Gesang der Keulenheuschrecke Gomphocerus rufus L. (Acrididae).

Das Männchen von Gomphocerus rufus besitzt zwei Hauptlautäußerungen, den gewöhnlichen Gesang (gG) und und einen hochentwickelten Werbegesang (WG). Dieser wird eingeleitet mit einer gerichteten Einstellung zum Weibchen[1]). Bei der Singbewegung gleiten die beiden Schenkel des dritten Beinpaares synchron auf und ab und streichen ihre Schrilleiste an die vorstehende Schrillkante des gleichseitigen Vorderflügels an. Das dem gG zugeordnete zentrale Koordinationsmuster muß einfacher gestaltet sein als das des WGs. Hier sind mit der Schenkelbewegung noch Bewegungen des Kopfes, der Taster, der Fühler und des Vorderkörpers in erblich festgelegtem Muster gekoppelt. Die Balz ist die häufige Wiederholung dieser Bewegungsfolge. Beide Gesänge sind auch bei dieser Feldheuschrecke Teile der zur Paarung führenden Reaktionskette[2a]).

Mit der Frage nach der Funktion und dem Sitz der nervösen Mechanismen für solche Verhaltensweisen beschäftige ich mich seit einigen Jahren[2b]). Schneidet man einem Männchen die thorakale Nervenkette vor dem dritten Brustganglion an irgendeiner Stelle durch, so kann es nicht mehr stridulieren. Einseitige Eingriffe hindern das Gesamtverhalten nicht. Das letzte Brustganglion innerviert die Singmuskeln[2c]) und ist in seiner Tätigkeit abhängig von höheren Instanzen des Zentralnervensystems. Ist es von ihnen isoliert, so reicht sein eigener Erregungsgrad nicht aus, um die zum Singen notwendigen Impulsfolgen abzufeuern. Diesen Männchen fehlt der gG; sie reagieren nicht mehr auf den Gesang eines paarungslustigen Weibchens[3]), da die nervösen Bahnen zwischen den abdominalen Hörorganen und dem Gehirn unterbrochen sind. Trifft ein stummgemachtes Männchen zufällig ein Weibchen, so stellt es sich richtig zur Balz auf und beginnt mit einem WG, dem die letzte lauthafte Phase fehlt. Die anderen Handlungsglieder, das Kopfschütteln, das Tastervibrieren, das Neigen und Aufstellen der Fühler samt der Motorik des Vorderkörpers laufen in der normalen Reihenfolge ab. Bei 346 Männchen dauerte der normale WG im Mittel 10,4 sec; die stumme Balz der 22 operierten Männchen währte im Mittel 10,1 sec (144 Versuche). Die Identität der Mittelwerte ist gesichert. Beim WG

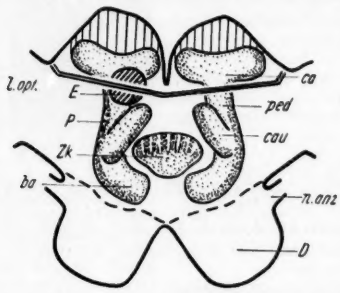


Fig. 1. Frontalschnitt durch das Gehirn eines rufus ♂; Zeichnung nach Mikroaufnahme, Vergr. 40×. Pilz- und Zentralkörper (*ZK*) punktiert; Ganglienzellen schraffiert; *ca* Calyx; *ped* Pedunculus; *cau* Cauliculus; *ba* Balken; *l. opt.* Lobus opticus; *n. ant* Nervus antennalis; gestrichelte Linie = Grenze zwischen Proto (*P*)- und Deutocerebrum (*D*); *E* Reizort des ausgelösten Gesanges; Doppellinie = Durchtrennungsstelle eines oder beider Becher.

werden demnach jene Stationen im Zentralnervensystem, die ihn auslösen und seinen richtigen Ablauf bestimmen, nicht von den Laut- und den Gehörorganen rückläufig kontrolliert.

Weitere Eingriffe gaben Anhaltspunkte für die Lokalisation der höheren Zentren für diese Gesänge, die im Gehirn liegen müssen. Ich entfernte in einer Versuchsreihe die Ganglienzellen und Becher der Pilzkörper (Fig. 1) auf einer oder beiden Seiten und reizte bei anderen Männchen mit einer Nadel engumschriebene Orte (100 μ Durchmesser) im Protocerebrum. Ergebnisse: 6 Männchen mit einseitig entfernten Bechern sangen schon nach 20 min wieder, antworteten auf den Weibchengesang, näherten sich, balzten und kamen zur Paarung. — 6 Männchen mit beidseitig exstirpierten Bechern waren 2 Tage sehr bewegungsfreudig, blieben aber vom Augenblick des Eingriffes an stumm. Sie nahmen vom Artgenossen keinerlei Notiz und wurden selbst durch den Weibchengesang nicht aktiviert. — Die Einstiche in das Gehirn von 12 Männchen führten nur in einem Falle zum Erfolg. Ein Männchen sang unmittelbar beim Stich; sein Lied glich dem gG, dauerte aber nicht 4 sec, sondern eine halbe Stunde. Die histologische Kontrolle der Einstiche zeigte, daß die Reizorte teils in den Ganglienzellen (5 Männchen), teils außerhalb der Pilzkörper im Gehirn lagen (6 Männchen). Die Einstichstelle umfaßte beim singenden Tier den ableitenden Stiel des rechten Pilzkörpers (Fig. 1). Alle Männchen mit lokalen Hirnschädigungen verhielten sich schon nach wenigen Stunden normal.

Diese Ergebnisse lassen folgende Deutung zu: Wie bei der Feldgrille sind auch hier Teile der Pilzkörper in ihrer engen Verbindung mit den sensiblen Hirngebieten für die Auslösung und in ihrem engen Kontakt mit motorischen Stationen für die Koordination und den zeitlichen Ablauf der Gesänge unentbehrlich. Beide Pilzkörper müssen funktionell gleiche Potenzen besitzen. — Die Wahrnehmung der Gesänge scheint ebenfalls an die Pilzkörper gebunden zu sein; die optischen Zentren wurden bei diesen Eingriffen nicht geschädigt. Die Arbeit wird ausführlich in der Zeitschrift für vergleichende Physiologie veröffentlicht und nach Möglichkeit ergänzt durch elektrische Reizversuche.

Zoophysiologisches Institut der Universität, Tübingen.

Eingegangen am 9. August 1955. FRANZ HUBER.

[1]) JACOBS, W.: Z. Tierpsychol. **7**, 169 (1950). — Beih. 1 z. Z. Tierpsychol. **1953**.
[2]) HUBER, F.: a) Verh. dtsch. zool. Ges. **1952**, 138. — b) Z. Tierpsychol. **12**, 12 (1955). — c) Unveröffentlichte Untersuchungen.
[3]) JACOBS, W.: Z. Tierpsychol. **6**, 141 (1949).

Experimentelle Auslösung von Tänzen bei der Honigbiene.

Nach Untersuchungen von v. FRISCH[1]) und seiner Schule führen Bienen, die vom Nektar- oder Pollensammeln in den Stock zurückkehren, Tänze auf, um weitere Sammelbienen zu alarmieren. Es werden dabei zwei Haupttanzformen unterschieden: Rundtanz und Schwänzeltanz. Daneben fanden TSCHUMI[2]) Sicheltänze und HEIN[3]) Schüttel- und Rucktänze. Diese Tanzformen treten auf nach Rückkehr der Bienen von Futterplätzen, die bis auf 2 m an den Stock herangerückt wurden. Nach LINDAUER[4]) werden Tänze der Sammelbienen im Stock ausschließlich nach Trachtausflug aufgeführt.

Mehrfache Beobachtung von starkem Tanzen nach Fütterung von Bienen in Beobachtungskästen veranlaßten eine experimentelle Untersuchung. Mischvölker der Krainer- und Italiener-Rasse erhielten, um ihren physiologischen Zustand überwachen zu können, neben einer Brutwabe mit geringem Vorrat eine Bauwabe sowie Drohnen. Die Versuche wurden mit weiselrichtigen Völkern [a) mit begatteter, b) mit unbegatteter, c) mit drohnenbrütiger Königin] durchgeführt. Heizbare Beobachtungskästen (nach F. KÖHLER) ermöglichten eine Dauerbeobachtung auch bei niedrigen Außentemperaturen. Die Völker wurden abwechselnd — je nach Versuchsabsicht — in einem Flugkäfig, der in einem Glashaus aufgestellt war, bzw. um 10 m seitlich verschoben im Freien fliegen gelassen *).

Sichel- und Schwänzeltänze gezeichneter Bienen eines frei fliegenden Volkes wurden, bis zur Einstellung des Fluges, mit Richtungsangabe protokolliert und anschließend das Flugloch mit Drahtgaze verschlossen. Beleuchtete man etwa 30 min nach Einbruch der Dunkelheit mit einer 60 W-Lampe die zur Ruhe gekommenen, auf der Wabenfläche sitzenden Bienen, so steigerte sich auf der hellen Seite die Erregung und nach einigen Minuten traten Schwänzel- und Sicheltänze mit verschiedensten, präzisen Richtungsangaben auf. Wurde das Volk dagegen im Flugkäfig an einer Futterstelle gefüttert (also nur Rundtänze registriert), waren im entsprechenden Experiment nur Rundtänze anzustoßen. Die Auslösung von Tänzen allein durch Belichtung war kurze Zeit nach Verschluß des Flugloches möglich. Nach etwa 12 Std genügte der Lichtreiz oft nicht mehr. Erfolgte jedoch gleichzeitig eine zusätzliche Fütterung der Bienen im Stock (2 mol. Saccharose bzw. Honig), so waren Tänze (zum Teil über 30 gleichzeitig) auszulösen. Bei den meisten Versuchen wurde der Anstoß im Abstand von je 12 Std mehrfach wiederholt. Dabei nahm offensichtlich die Zahl von Rundtänzen zu bei gleichzeitiger Verminderung der Zahl von Schwänzel- und Sicheltänzen. 48 Std nach Verschluß des Flugloches waren nur noch vereinzelte Schwänzeltänze mit verschiedenster, aber präziser Richtungsangabe zu beobachten; nach noch längerer Absperrung konnten in den bisherigen Versuchen nur Rundtänze ausgelöst werden. Es bleibt zu klären, wie dieser Tanzwechsel zustande kommt. Die bisherigen Beobachtungen deuten darauf hin, daß Schwänzeltänzerinnen zum Rundtanz oder auch, unter völligem Aufgeben des Tanzgebahrens, zum Futtertransport übergehen.

Alle diese Beobachtungen führen nun auch zu der Frage, ob sich die Richtungsangaben der angestoßenen Tänzerinnen entsprechend dem wechselnden Sonnenstand ändern. Es ergab sich, daß abgesperrte Sammelbienen, deren Tanzrichtung bekannt war, bei Anstoß nach 12 Std die Richtung der Schwänzelstrecken um 180° drehten. Dies stimmt überein mit den Beobachtungen von LINDAUER[4]) über das Verhalten der dauertanzenden Schwarm-Spurbienen. Es scheint also im sog. „Zeitsinn" der Honigbiene auch eine neurologische Komponente enthalten zu sein. Der Richtungswechsel der Schwänzelstrecken konnte sowohl bei diffusem Tageslicht als auch nachts bei künstlicher Beleuchtung festgestellt werden. Da bei den im Stock ausgelösten Tänzen nur ein geringer Teil der Flugbienen zur Reproduktion ihres letzten Tanzes

gebracht werden kann — es laufen Untersuchungen, um welche Bienen es sich handelt —, bleibt es weiteren Versuchen vorbehalten, festzustellen, ob deren Richtungsangabe auch nach längerer Zeit dem wechselnden Sonnenstand präzise entspricht. In weiteren Untersuchungen soll auch das Verhalten der Pollensammlerinnen berücksichtigt werden.

Interessant erschien es, mit Hilfe der gefundenen Anstoßmethode zu überprüfen, wie weit Tänze angeboren sind. So wurden für „KASPAR HAUSER-Versuche"[5]) verdeckelte Brutwaben im Thermostaten (35°, 75% relative Luftfeuchtigkeit) zum Schlupf gebracht und in einen heizbaren Beobachtungskasten mit verschlossenem Flugloch eingesetzt. Durch gleichzeitige Belichtungs- (Tages- oder künstliches Licht) und Fütterungsstöße gelang es, auch bei diesen Bienen Tänze auszulösen, und zwar gerichtete Schütteltänze[3]) (directed shake dances), Schwänzelrundtänze (Rundläufe mit ständigem Schwänzeln) sowie Rundtänze.

Das vorliegende Beobachtungsmaterial berechtigt zu folgender Annahme: bestimmten Erregungszuständen entsprechen bestimmte Tanzformen als Erregungsäußerungen. Bei Erregungssteigerung treten nämlich nacheinander auf: 1. Schütteltänze, 2. zunehmende D-VAV[6]), 3. gerichtete Schütteltänze[3]), 4. Schwänzelrundtänze, 5. Rundtänze (bzw. Schwänzel- und Sicheltänze). Diese Erregungs- und Tanzformen sind sowohl nach Anstoß von „KASPAR HAUSER-Bienen" als auch von ausgeflogenen Sammelbienen zu beobachten. Etwa in umgekehrter Reihenfolge laufen sie ab, wenn ein normales Volk seinen Flug einstellt.

Auf Grund der gewonnenen Beobachtungen scheint eine Möglichkeit gegeben, das gesamte Erregungs- und Tanzverhalten im Bienenstaat einer grundlegenden verhaltensphysiologischen Analyse zugänglich zu machen. Eine ausführliche, quantitative Auswertung der Versuche sowie eine genaue Beschreibung der auftretenden Tanzformen werden an anderer Stelle gegeben werden.

Institut für Bienenkunde der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität, Bonn (Leiter: Prof. Dr. GOETZE).

WOLFGANG WITTEKINDT.

Eingegangen am 11. August 1955.

*) Für die Überlassung des Hummelhauses des Parasitologischen Labors des Zoologischen Instituts der Universität Bonn bin ich Herrn Prof. Dr. Dr. LEHMENSICK zu großem Dank verpflichtet.

[1]) FRISCH, K. v.: Naturwiss. **38**, 105 (1951).
[2]) TSCHUMI, P.: Schweiz. Bienen-Ztg. **73** (3) (1950). Zit. nach Amer. Bee J. **95**, No. 3, 97 (1955).
[3]) HEIN, G.: Experentia [Basel] **6** (1950). Zit nach Amer. Bee J. **95**, No. 3, 97 (1955).
[4]) LINDAUER, M.: Z. vergl. Physiol. **37**, 263 (1955). — Naturwiss. **41**, 506 (1954).
[5]) TINBERGEN, N.: Instinktlehre. 1952.
[6]) MILUM, V. G.: Amer. Bee J. **95**, 97 (1955).

Über ein zentrales Hemmungsphänomen.

Auf der Suche nach einem empfindlichen Test zur frühzeitigen Diagnostik klinisch latenter Kleinhirnstörungen wurden elektromyographische Untersuchungen der Innervationsstille nach Muskeleigenreflex (silent period) durchgeführt. Die durch einen Muskeleigenreflex beim Menschen hervorgerufene Hemmungsphase sowohl für Willkürbewegung als auch für Reflexerregbarkeit wurde vor allem durch die HOFFMANNsche Schule mehrfach untersucht und in ihrem zeitlichen Verlauf abgegrenzt[1]). Bei den bisher mitgeteilten Untersuchungen über die Hemmung nach Eigenreflex erfolgte die Auslösung der Reflexe stets gleichartig: Die Reflexe wurden entweder immer adäquat, d.h. mechanisch über Vermittlung der Muskelspindeln, oder immer inadäquat, d.h. durch elektrischen Reiz motosensibler Fasern, unter Umgehung der Muskelspindeln ausgelöst. Während für die absolute Hemmungsphase (silent period) ziemlich einheitliche Befunde vorliegen, wurden für die Dauer der relativen Hemmungsphase, z.B. nach dem Achillessehnenreflex (ASR), verschiedene Werte bis zu einem Maximum von einer Sekunde angegeben[2]).

Um zu prüfen, ob die Hemmungsphase nach einem Eigenreflex von der *Art der Auslösung* des Reflexes abhängt, haben wir am Gesunden die auf den einmal inadäquat, einmal adäquat ausgelösten ASR folgende Hemmungsphase mittels inadäquaten Testreizes geprüft. Die Reflexe wurden im Liegen bei optimaler Entspannung submaximal ausgelöst. Zuerst wurde der inadäquate Reflex eingestellt, und zwar so, daß gerade noch keine indirekte Muskelerregung zu erkennen war; dann wurde der adäquate Reflex auf gleiche Größe eingerichtet, damit jeweils annähernd gleichviele Motoneurone am Reflex beteiligt waren.

In der auf die absolute Hemmungsphase folgenden Periode fanden sich in 26 Versuchen an 11 Versuchspersonen folgende Besonderheiten: Wird der *erste* Reflex (Prüfreflex, conditioning reflex) *adäquat*, d.h. mechanisch, und der *zweite* Reflex (Testreflex) *inadäquat*, d.h. elektrisch ausgelöst, so besteht für den Testreflex eine überraschend *lange Hemmungsphase* von 4 bis 8 sec (Fig. 1). Diese ungewöhnlich lange relative Hemmungsphase konnte in allen Versuchen beobachtet werden; sie klingt annähernd linear ab und zeigt außerdem Schwellenwert. Da unsere Testreflexe inadäquat, d.h. unter Umgehung der Muskelspindeln, ausgelöst werden, kann die Hemmung nur im spinalen bzw. zentralen Reflexapparat erfolgen. Werden jedoch *beide* Reflexe *inadäquat* ausgelöst, so tritt im Bereich der ersten Sekunden nur in einigen Fällen eine *minimale* Hemmung des zweiten Reflexes ein. — Wird auch der Testreflex mechanisch ausgelöst, so kann bereits 1 sec nach dem Prüfreflex keine Beeinflussung mehr festgestellt werden: Der Testreflex zeigt in jenem Intervall nach dem Prüfreflex, in dem er — inadäquat ausgelöst — noch deutlich gehemmt ist, bei adäquater Auslösung keinerlei Hemmung mehr. Wir möchten dies so erklären, daß durch die antidromen Impulse bei inadäquater Auslösung der spinale Schaltzellenapparat bereits latent gehemmt wird, so daß er auf zentrale Hemmungsimpulse empfindlicher reagiert.

a b

Fig. 1 a u. b. Pat. A. Sch. Serie von 9 Doppelreflexen (ASR). Es sind 9 Doppelreflexe (9 Kipps des Kathodenstrahloszillographen) übereinander photographiert, so daß alle 9 Prüfreflexe (PR) zur Deckung gelangen. Der Testreflex folgt auf den Prüfreflex in jeweils zunehmendem Abstand, also nach 1, 1,5, 2, 2,5 ... 5 sec. Bei einem Abstand von 5 sec ist keine Hemmung mehr vorhanden. →←: in konstanter Höhe Reizeinbruch. b. Ungehemmte inadäquate Testreflexe.

Berücksichtigt man die tierexperimentellen Ergebnisse von GRANIT über die autogenetische Hemmung des Muskels und über die γ-Afferenz[3]), so legen unsere am Menschen gewonnenen Ergebnisse folgende Deutung nahe: 1. Durch einen adäquat ausgelösten ASR wird im RM für die Dauer von maximal 8 sec eine Hemmung der Reflexerregbarkeit erzeugt; da diese bei inadäquater Auslösung nur minimal eintritt, kann es sich hierbei *nicht* um die autogenetische Hemmung des Muskels handeln. (Die minimale Hemmung nach inadäquater Auslösung dürfte durch Erregung weniger markhaltiger γ-Fasern beim elektrischen Reiz zustande kommen.) — 2. Der annähernd lineare Verlauf dieser Hemmungsphase ohne jeden phasischen Charakter spricht gegen einen polysynaptischen Bahnungs- und Hemmungsvorgang im RM, wie er für die Fremdreflexe von E. SCHENCK[4]) beschrieben wurde. — Die ungewöhnlich lange Dauer dieser Hemmungsphase spricht für ihre zentrale Genese. Die Hemmung kann nur über die Muskelspindeln starten, da sie bei inadäquater Reflexauslösung praktisch fehlt. Wir möchten diesen Hemmeffekt durch eine zentrale Hirnstammwirkung erklären, die auf afferente, unmittelbar zum Hirnstamm ziehende Spindelimpulse (γ-Afferenz) zurückzuführen ist.

Eine ausführliche Mitteilung befindet sich in Vorbereitung.

II. Medizinische Klinik der Universität, München (Direktor: Prof. Dr. Dr. G. BODECHTEL).

ALBRECHT STRUPPLER und ROBERT LINDENMÜLLER.

Eingegangen am 20. Juli 1955.

[1]) WESSLAU, W.: Pflügers Arch. **255**, 273 (1952).
[2]) SCHENCK, E.: Pflügers Arch. **253**, 286 (1951). — STRUGHOLD, H.: Z. Biol. **88**, 346 (1929).
[3]) GRANIT, R.: Receptors and Sensory Perceptions. Yale University Press 1955.
[4]) SCHENCK, E., u. B. LAUCK-KOEHLER: Pflügers Arch. **252**, 423 (1950).

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Günter Holtz, Berlin W 35, Reichpietschufer 20. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany.

Kurzes Lehrbuch der anorganischen und allgemeinen Chemie

Von Dr. **Gerhart Jander,** o. Professor an der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg, und Dr. **Hans Spandau,** Privatdozent an der Technischen Hochschule Braunschweig. Fünfte Auflage. Mit 169 Abbildungen. XII, 563 Seiten Gr.-8°. 1952. Ganzleinen DM 19.80

Aus den Besprechungen: ... Für den praktischen Unterrichtsbetrieb kann dem Studierenden der Chemie heute für die ersten Semester — etwa bis zum Beginn des quantitativen Praktikums — kein besseres Lehrbuch empfohlen werden. Er lernt hier zunächst wirklich nur die Grundlagen der chemischen Reaktionen verstehen, ohne über der Stoffülle der größeren Lehrbücher den Blick für das Wesentliche zu verlieren. Ist diese Wissens- und Verständnisgrundlage gelegt, wird der Studierende der Chemie dann zu dem umfangreicheren Lehrbuch greifen und in der Wiederholung des Bekannten und dem erweiternden Ausbau seines Wissens rascher und sicherer Nutzen gewinnen. Physiker, Biologen und andere, die Chemie als Nebenfach betreiben, werden im „Jander-Spandau" jedoch eine völlig ausreichende Quelle des Wissens und eine überzeugende, höchst moderne Darstellung der Ergebnisse und Probleme der modernen anorganischen Chemie finden. — Ein Lehrbuch, das man mit Freude, Dankbarkeit und aus voller Überzeugung aufs wärmste empfehlen kann. „Die Naturwissenschaften"

Lehrbuch der gesamten Chemie

Von Dr. phil. **F. L. Breusch,** Professor an der Universität Istanbul. Direktor des Zweiten Chemischen Instituts. Zweite Auflage. Mit 85 Abbildungen. VI, 426 Seiten Gr.-8°. 1954. Ganzleinen DM 29.70

Inhaltsübersicht: **Allgemeine Chemie.** Einleitung. Werkzeuge der Chemie. Zusammensetzung der Substanzen. Die Elemente und ihre Ordnung im Periodensystem. Atomkerne. Die Arten der chemischen Bindung. Verhalten der Verbindungen. Zustände und Vorgänge in Lösungen. Die chemischen Reaktionen. — **Spezielle anorganische Chemie.** Nichtmetalle. Metalle. — **Organische Chemie.** Einleitung und Methoden. Aliphatische Kohlenwasserstoffe. Aliphatische Verbindungen mit einem Substituenten. Aliphatische Verbindungen mit mehreren gleichen Substituenten. Aliphatische Verbindungen mit zwei und mehr verschiedenen Substituenten. Aromatische Kohlenwasserstoffe. Aromatische Derivate mit einem oder mehreren Substituenten derselben Art. Aromatische Stoffe mit verschiedenen Substituenten. Hydroaromatische Verbindungen. Farbstoffe. Heterocyclische Verbindungen. Hochpolymere. **Sachverzeichnis.**

Ein Lehrbuch der Chemie, das in einem Band die Haupttatsachen der allgemeinen, anorganischen und organischen Chemie vereinigt, wird von solchen Studierenden, die Chemie als Nebenfach betreiben, dringend verlangt. Professor Breusch hat es durch geschickte Auswahl und Anordnung verstanden, auf weniger als 500 Seiten solchen Studierenden einen abgerundeten Überblick über den gesamten Examensstoff zu bieten. Hierbei hat er durch besondere Betonung der biologisch wichtigen Verbindungen im organischen Teil insbesondere auf die Bedürfnisse des Medizinstudenten Rücksicht genommen. Aber auch mancher Studierende der Chemie im Hauptfach wird dieses jetzt in zweiter, verbesserter Auflage erscheinende Lehrbuch als erste Einführung in sein Studienfach begrüßen.

Anleitung zur organischen qualitativen Analyse

Von Dr. **Hermann Staudinger,** o. ö. Professor der Chemie, Direktor des staatlichen Forschungsinstitutes für makromolekulare Chemie in Freiburg i. Br. Sechste Auflage. Unter Mitarbeit von Dr. **Werner Kern,** o. ö. Professor für organische Chemie und Direktor des Organisch-chemischen Institutes der Universität Mainz. XII, 168 Seiten 8°. 1955. Steif geheftet DM 12.60

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Zentrale Steuerung der Sexualfunktionen. Die Keimdrüsen des Mannes

Erstes Symposion der Deutschen Gesellschaft für Endokrinologie, Hamburg, 28. Februar und 1. März 1953. Schriftleitung: Dozent Dr. **H. Nowakowski**, II. Med. Univ.-Klinik, Hamburg-Eppendorf. Vorwort von Professor Dr. A. Jores, Hamburg-Eppendorf. Mit 114 Textabbildungen. VII, 242 Seiten Gr.-8°. 1955.
Steif geheftet DM 39.80

Inhaltsübersicht: **I. Zentrale Steuerung der Sexualfunktionen:** Das Hypophysen-Hypothalamus-System in Hinsicht auf die zentrale Steuerung der Sexualfunktionen. Von H. Spatz, Gießen. — Zur vergleichenden Anatomie des Hypophysen-Hypothalamus-Systems. Von R. Diepen, Gießen. — Neurohistologische Untersuchungen über die nervöse Verbindung der Pars distalis mit dem Hypothalamus auf dem Wege des Hypophysenstieles. Von J. Metuzāls, Groningen. — Die Physiologie des Hypophysen-Hypothalamus-Systems unter besonderer Berücksichtigung der Regulation der Sexualfunktionen. Von A. Westman, Stockholm. — Pathologische Anatomie des Hypophysen-Hypothalamus-Systems. Von H. Orthner, Göttingen. — Zur Frage der hypothalamischen Pubertas praecox. Von H. Lange-Cosack, Berlin-Neukölln. — Eineiige Zwillinge mit Laurence-Moon-Biedl-Bardet-Syndrom bei familiärem Vorkommen von fetaler Erythroblastose unter besonderer Berücksichtigung endokriner Besonderheiten. Von A. Moench, Freiburg i. Br. — Die Gonadotropine. Von E. Vincke, Hamburg. — Eine Methode zur chemisch-quantitativen Analyse des Choriongonadotropingehaltes der Placenta. Von J. Drescher, Kiel. — **II. Die Keimdrüsen des Mannes:** Über die Strukturelemente des Hodens und ihr Verhalten unter experimentellen Bedingungen. Von E. Tonutti, Gießen. — Zur quantitativen Beurteilung menschlicher Hodenbiopsien. Von E. Schuchardt, Göttingen. — Die Biochemie des menschlichen Spermas. Von J. Kimmig, Hamburg. — Über das Vorkommen von Androgenen im menschlichen Sperma. Von W. Dirscherl, Bonn. — Androgene. Chemie, Biochemie und Nachweis. Von K. Junkmann, Berlin. — Die Bedeutung der Leber für den Steroidstoffwechsel. Von L. Weissbecker, Freiburg i. Br. — Klinik und Therapie der Hodeninsuffizienz. Von H. Nowakowski, Hamburg-Eppendorf. — Psyche und Sexualhormone. Von A. Jores, Hamburg-Eppendorf. — Diskussionsbemerkungen zu jedem Referat.

Stoffwechselwirkungen der Steroidhormone

Zweites Symposion der Deutschen Gesellschaft für Endokrinologie Goslar, den 5. und 6. März 1954. Schriftleitung: Dozent Dr. **H. Nowakowski**, II. Med. Univ.-Klinik, Hamburg-Eppendorf. Mit 89 Textabbildungen. VI, 204 Seiten Gr.-8°. 1955.
Steif geheftet DM 33.—

Inhaltsübersicht: Stoffwechselwirkungen der Steroidhormone. Von K. Junkmann, Berlin. — Gewebestoffwechsel und Steroidhormone. Von W. Dirscherl, Bonn. — Die Wirkung der Steroidhormone auf Wasser- und Mineralhaushalt. Von Hedwig Langecker, Berlin. — Die Bedeutung der Nebennierenrindenhormone für den Stoffwechsel energiereicher Phosphatverbindungen der Nieren und damit für die Nierenfunktion. Von J. Frey, Freiburg i. Br. — Die Wirkung von hochdosierten Oestrogenen auf Säugetiere und Vögel. Von W. Koch, München. — Zur anabolen Wirkung von Androgenen. Von H. E. Voss, Mannheim. — Klinik der Stoffwechselwirkung der Steroidhormone. Von L. Weissbecker, Freiburg i. Br. — Die Wirkungen der Sexualhormone auf das Skelet und des Skeletstoffwechsels. Von H. Nowakowski, Hamburg-Eppendorf. — Die Wirkungen der Sexualhormone auf das Skelet des Kindes. Von H. Zeisel, Würzburg. — Hormonell bedingte Osteoporosen der Frau. Von H. Böttger, Kiel. Klinische Erfahrung bei der Behandlung neurogener Muskelerkrankungen mit hohen Testosterondosen. Von G. Mall, Klingenmünster. — Klinische Beobachtungen über die Wirkung der Testosteronbehandlung bei Frauen mit incurablen Genitalcarcinomen. Von A. Würterle, Leipzig. — Das Verhalten der chromatographisch getrennten C17-Ketosteroide bei Lebererkrankungen. Von W. Gropp, Braunschweig. — 17-Ketosteroidausscheidung nach Testosteronoenanthat-Injektionen. Von J. A. Schneider, Berlin. — Einfluß des Glukagons auf das Wachstum des Hühnerembryos. Von C. Cavallero, Milano. — Wirkung von Wachstumshormon und Cortison auf die Morphokinese des Inselapparates. Von J. Kracht, Borstel. — Die Beziehungen der Leptomeninx und des Subarachnoidalraumes zur intrasellären Hypophyse beim Menschen. Von H. Ferner, Hamburg-Eppendorf. — Die Adaption des Hypophysen-Zwischenhirnsystems an Keimdrüsenhormone bei langdauernder Zufuhr. Von W. Hohlweg, Berlin. — Experimentelle Untersuchungen über die Korrelation der Sterine zu den hypophysären Gonadotropinen. Von J. Drescher, Kiel. — Zur Klassifizierung der Hypophysentumoren. Von W. Müller, Köln-Lindenthal. — Über zwei Fälle von Adenoma parathyreoideum ohne Knochenveränderungen. Von L. Rossi, Milano. — Das Verhalten der Schilddrüse unter dem Hunger. Von H. Gerhartz, Berlin. — Wirkungen von Pharmaka auf die Nebennierenrinde und die Überlebenszeit nach Epinephrektomie. Von R. Pirktien, Dortmund. — Die Behandlung der Hyperemesis gravidarum mit Depot-ACTH. Von H.-J. Staemmler, Kiel. — Gibt es eine periphere Neurosekretion? Von H.-H. Stange, Kiel. Zur graphischen Darstellung der hormonalen Steuerung der Ovarialfunktionen. Von Buschbeck, Bad Harzburg. — Neue Gesichtspunkte der Spermaelektrophorese. Von W. Schneider, Hamburg-Eppendorf. — Diskussionsbemerkungen zu jedem Referat.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Diesem Heft liegen zwei Prospekte des Springer-Verlages, Berlin · Göttingen · Heidelberg, bei.